Phys. g. 321-112

<36626563210018

<36626563210018

Bayer. Staatsbibliothek

~~Phys. gen. 408.~~ m

Phys. g. 321-112

Physica. Systemata & methodi

184.

Fg 1760 c

R

Einleitung

in die

Naturlehre

von

William Nicholson

Non enim me cuiquam mancipaui, nullius nomen fero: multum magnorum virorum iudicio credo, aliquid et meo vindico. Nam illi quoque non inuenta, sed quaerenda nobis reliquerunt. SENECA.

Aus dem Englischen mit einigen Zusätzen und Anmerkungen übersezt

von

M. August Friedrich Lüdicke,

Lehrer der Mathematik und Collegen der Churfürstl. Landschule zu Meißen und der Leipz. ökonom. Societät Ehrenmitgliede.

Erster Band.

Mit fünf und zwanzig Kupfertafeln.

Leipzig,

im Schwickertschen Verlage, 1787.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Seiner Excellenz

dem Hochwürdigen und Hochgebohrnen Grafen

und Herrn

Herrn Carl Detlev

des H. R. R. Grafen

von Einsiedel

Erb-Lehn- und Gerichtsherrn auf Wolkenburg, Ehrenberg, Kauffungen, Bräunsdorf, Saathayn, Knau, Bahren, Mückenberg ꝛc. ꝛc. Sr. Churfürstl. Durchlaucht zu Sachsen Hochbetrautem Conferenz-Minister und würklichen Geheimdem Rathe, des hohen Stifts Merseburg Canonicus, des Johanniterordens Ritter und designirtem Commandeur auf Lagow ꝛc. ꝛc.

Seinem Gnädigen Grafen und Hochgebietenden Herrn

Dem

Hochwohlgebohrnen Herrn

Friedrich Gottlob

von Berlepsch

Erb- Lehn- und Gerichtsherrn auf Hennigsleben, Leißlau ꝛc. Sr. Churfürstl. Durchlaucht zu Sachsen Hochverordnetem Präsidenten des Oberconsistoriums zu Dresden

Seinem Gnädigen und Hochgebietenden

Herrn

überreicht

seinen Antheil an der Gemeinnützigmachung dieser

Einleitung

in die

Naturlehre

mit der

tiefsten Ehrerbietung

der Uebersetzer

M. August Friedrich Lüdicke.

Vorrede
des Uebersezers.

Gegenwärtige Einleitung in die Naturlehre ist unter dem Titel: An Introduction to natural Philosophy illustrated with Copper Plates by William Nicholson im Jahre 1782 zu London mit einer sehr gefälligen Zuschrift an den berühmten Joseph Banks herausgekommen und daselbst mit vielem Beyfalle aufgenommen worden. Eben so beyfällig wird sie in dem Magazin des Herrn Legationsraths Lichtenberg, dem zweyten Stücke des zweeten Bandes beurtheilt, wo es S. 150 heißt:

„Dieses Werk verdient vorzüglich Liebhabern der „Natur empfohlen zu werden, die weder Zeit, noch

»Lust, oder auch, welches der Fall öfters ist, noch »nicht sattsame Kenntniß besitzen, große Werke vor »die Hand zu nehmen. Jede Lehre ist hier mit »vieler Deutlichkeit vorgetragen und besonders ha»ben die neuesten Entdeckungen in der Lehre von »der Luft, der Elektricität u. s. w. hier vieles Licht »erhalten.« Dieses sind die Gründe, aus welchen der Herr Verleger schon vor zwey Jahren die Uebersetzung dieser Schrift gewünscht, und vermöge welcher es der Uebersetzer gewagt hat, den vielen und zum Theil sehr gründlichen Anleitungen zu dieser Wissenschaft diese Einleitung beyzufügen.

Da der Verfasser nicht den Endzweck gehabt hat, ein akademisches Lehrbuch zu schreiben, so wird man sie mit dieser Art Lehrbücher nicht in Vergleichung stellen können; es dürfte dahero des Herrn Hofraths Karsten Anleitung zur gemeinnützlichen Kenntniß der Natur die einzige neuere Schrift seyn, mit welcher gegenwärtige Einleitung fast einerley Absicht hat. Weil aber der Herr Hofrath dessen Endzwecke gemäß aus sehr guten Gründen die angewandte Mathematik größtentheils vermieden

und dahero die Lehre von dem Weltgebäude oder die physische Astronomie übergangen hat, auch ausser diesem, ohnbeschadet des Werthes dieser vorzüglichen Anleitung, noch viele Verschiedenheit in Ansehung der Ordnung und Ausführung bey gegenwärtiger Einleitung obwaltet; so werden beyde sehr wohl neben einander bestehen können.

Unser Verfasser schrieb für alle Liebhaber der Naturwissenschaft, ohne sich auf einige besondere Classen der Leser einzuschränken; es mußte ihm dahero der Wunsch vieler Liebhaber, von den größten und allen Menschen so sehr in die Augen fallenden Naturkörpern, von deren Bewegungen und den sich dabey ereignenden Begebenheiten nähere Nachricht zu haben, sehr wohl bekannt seyn. Er mußte aus der ersten Entstehung der Astronomie, die er in der Einleitung zu dem dritten Abschnitte erzählt, schlüßen, daß vorzüglich diejenigen Liebhaber der Natur, welche am wenigsten von ihren Beschäfftigungen in der Stube zurück gehalten werden und oft keine Gelegenheit gehabt haben, sich mathematische Kenntnisse zu erwerben, ihre Auf-

merksamkeit am ersten auf diese großen und glänzenden Gegenstände zu richten pflegen, und konnte es dahero nicht vermeiden, mehrere angewandte Mathematik, jedoch mit vieler Deutlichkeit, zu benutzen. In dieser Absicht hat auch der Verfasser ein paar Planiglobien auf der 11 und 12ten Kupfertafel beygefügt, welche jedoch nur zu einer kurzen Uebersicht dienen sollen. Wer sich nähern Unterricht in der Sternkenntniß verschaffen will, muß sich der Coni- und Planiglobien des Herrn Prof. Funks oder den von dem Herrn Prof. Bode nebst der nöthigen Anweisung herausgegebenen Flamsteadischen Himmels-Atlas anschaffen.

Mehreres über die Einrichtung dieses Buches zu sagen, würde überflüßig seyn; da sich der Verfasser in seiner Vorrede sehr ausführlich darüber erklärt hat. Es ist mir dahero nur noch dasjenige anzuzeigen übrig, was ich zu Verbesserung desselben beyzutragen mich bemühet habe.

Bey den vielen und sorgfältigen Bemühungen der Naturforscher hätte es nicht schwer fallen können, die Zusätze und Anmerkungen sehr zu vermeh-

ren; wenn ich es nicht für Pflicht gehalten hätte, den Endzweck des Verfassers stets vor Augen zu haben, und nur das hinzu zu setzen, was seit der Herausgabe des Originals erfunden oder verbessert worden ist und worinn verschiedene Naturforscher von den Newtonschen Theorien abgehen. Ob ich aber allezeit in der Wahl der Bemerkungen glücklich gewesen bin, überlasse ich der billigen Beurtheilung des Lesers.

In den Kupfern ist einiges hinzugekommen, wie man aus den Zusätzen bemerken wird; und die neben den Planeten- und Kometenbahnen beygefügten verhältnißmäßigen Größen der Planeten, welche sehr unrichtig gestochen waren, sind aus des Herrn Prof. Bode Abhandlung von dem neu entdeckten Planeten nebst ihren verhältnißmäßigen Entfernungen beygezeichnet worden. Der Planet Uranus konnte dem Verfasser bey Ausarbeitung dieses Werks als Planet noch nicht bekannt seyn; ich habe dahero diesen Mangel sowohl hier, als in den Tafeln ersetzt.

Da die meisten Kapitel etwas lang sind und man dahero eine Wahrheit oder ein Kunstwort mit vieler Mühe hätte aufsuchen müssen; so sind die Kapitel in Unterabtheilungen durch § getheilt, das Register hiernach eingerichtet und die Kunstwörter mit anderer Schrift ausgezeichnet worden. Meine Hauptabsicht ist hierbey durchgängig gewesen, die Nutzbarkeit dieses Buches zu vermehren, und mein Wunsch ist, sie erreicht zu haben. Meißen im December 1786.

Der Uebersetzer.

Vorrede
des Verfassers.

Die Vortheile, welche die Naturwissenschaft darbietet, sind so groß und so allgemein anerkannt, daß es unnöthig seyn würde, sie zu erzählen, wenn es nicht zur Belebung und Richtung desjenigen Untersuchungsgeistes, welcher jungen Gemüthern eigen ist, und zu Ermunterung derer diente, die aus Mangel am Nachdenken nicht gewohnt sind, in die Ursachen der Dinge einzudringen. Wir sind geneigt Gegenstände, mit denen wir lange bekannt gewesen sind, nachläßig und gleichgültig zu betrachten; und wir sehen izt ohne einigen Reiz zur Wißbegierde Erfolge, welche man in weniger erleuchteten Jahrhunderten für wunderbar gehalten haben würde.

Der Mensch, in einem rohen und wilden Zustande, kaum vermögend sein Leben zu erhalten, der Strenge der Jahreszeiten und der Wuth wilder Thiere ausgesezt, ist ein Gegenstand des Mitleidens, wenn man ihn mit einem aufgeklärten und mit Philosophie ausgerüsteten Manne vergleicht. Unwissend in der Baukunst, dem Ackerbaue, dem Gewerbe und in allen den zahlreichen Künsten, welche von den mechanischen Potenzen abhängen, lebt er in der Einöde trostlos und verlassen, in dem Genuße wenig über den Löwen und Tyger, aber viel unter denselben in der Stärke und Sicherheit gesezt. Wenn es wahr ist, daß ein Mensch jemals in diesem Zustande gewesen ist, so hätte er nicht lange darinn bleiben können; die Aeusserung seiner Seelenkräfte müßte ihn zu den Künsten Veranlassung gegeben haben. Durch deren Beystand wird die Wildniß ein Garten, der mit Tempeln, Pallästen und volkreichen Städten prangt; und der Mensch hält sich in einem ungeheuern Abstande von den Thieren entfernt, mit welchen er in seiner ursprünglichen Unwissenheit nahe verwandt zu seyn scheinet.

Die Wissenschaften verschaffen diese Muße und Unabhängigkeit, welche große Köpfe in den Stand gesezt hat, Gesetze zu entwerfen und die Rechte des menschlichen Geschlechtes durch wechselseitige Verträge der Stärkern und Schwächern zu befestigen. Dieser Muße ist es zuzuschreiben, daß einsichtsvolle und forschbegierige Männer eine Menge Kenntnisse gesammelt haben, welche uns veran-

lassen, die Kräfte des menschlichen Geistes mit Bewunderung zu betrachten. Durch deren Hülfe besitzen wir die vortreffliche Wissenschaft, die Astronomie. Eine Wissenschaft, welche auf die genauesten und lange fortgesezten Beobachtungen gegründet und aus den reinsten mathematischen Schlüssen gefolgert ist; die aber zugleich über die Begriffe gemeiner Leute so weit erhaben ist, daß ihre täglichen und wichtigen Vortheile und Vorherverkündigungen kaum hinreichend sind, zu verhüten, daß sie nicht von Unwissenden für ein Hirngespinst gehalten wird.

Die andern Theile der Naturwissenschaft sind nicht weniger mit Wunderbarem erfüllt. Wie groß würde das Erstaunen der Alten gewesen seyn, wenn sie die Würkungen vorher gewußt hätten, welche die Zurückwerfung und Brechung des Lichts hervorbringt. Durch eine richtige Anwendung dieser Eigenschaften werden Fernröhre und verschiedene optische Werkzeuge gefertigt. Es werden Gegenstände, welche für das bloße Auge zu entfernt sind, um sie bemerken zu können, vergrößert und sichtbar gemacht. Die Trabanten des Jupiter und Saturn, die Berge und Tiefen des Mondes und die Veränderungen, welche an der Sonnenscheibe statt finden, sind dadurch entdeckt worden, und geben uns Stoff zur Bewunderung und Untersuchung. Diese unterhaltende Wissenschaft, die Optik, ist jedoch nicht blos auf die Betrachtung entfernter Gegenstände eingeschränkt. Die kleinsten Thiere, die Röhren der Pflanzen, und überhaupt, eine

neue Welt in Migniatur wird durch das Mikroskop unserem Auge aufgedeckt, und ein unerschöpflicher Schaz wissenschaftlicher Unterhaltungen und Kenntnisse in den Würkungskreis unserer Sinne gebracht.

Einem jeden sind die Vortheile bekannt, welche aus der Hydrostatik entspringen, da wir ihr viele nüzliche Erfindungen zu verdanken haben. Dahin gehören die Wind- und Wassermühlen, die Plumpen, Feuermaschinen, Dampfmaschinen ꝛc. ꝛc.

Die Chymie verschafft der menschlichen Gesellschaft große und ganz besondere Vortheile. Die Metallurgie, in ihrer größten Ausdehnung, die Glasmacher- Töpfer- und Färbekunst, und viele andere, ein sehr beträchtlicher Theil von der materia medica hängen von diesem Theile der Naturwissenschaft ab. Die große Wichtigkeit der Metallurgie kann man schon aus der einzigen Betrachtung des vielfältigen Nutzens abnehmen, welchen das Eisen verschafft. Ohne dieses Metall würden wir fast gänzlich unfähig seyn, ein Hausgeräth oder Werkzeug zu machen. Es würde schwer fallen, ein künstliches Product aufzuweisen, bey dessen Hervorbringung man sich keines Eisens bedienet hätte; und das ganze Daseyn des Seehandels hängt von der magnetischen Kraft ab.

Die Naturlehre ist dahero keine trockne Wissenschaft, sondern ein Bestreben nach Nutzen und Vergnügen. Es ist denen, welche sich mit den Wissenschaften beschäfftigen, hinlänglich bekannt;

daß sie an sich eine aufrichtige und uneigennützige Liebe zur Wahrheit erwecken. Eine ausgebreitete Kenntniß von den Dingen zerstreuet die Würkungen des Vorurtheils, verschafft uns die richtigsten Begriffe von der großen ersten Ursache und befördert die Verabscheuung eines jeden körperlichen Dinges als Ursache oder Grundursache. Und wenn es ein Vergnügen bey Bemerkung solcher Gegenstände giebt, welche die Seele mit ihrer Unermeßlichkeit erfüllen und die Einbildungskraft durch fortgesezte Entdeckung neuer und hoher Aehnlichkeiten unterhalten; so darf man sich nicht verwundern, daß die Naturforscher ihre Untersuchungen mit einer Aufmerksamkeit und einem Eifer fortsetzen, welche in keiner andern menschlichen Beschäfftigung angetroffen werden.

Die Ordnung dieses Buches ist so eingerichtet, wie sie die Gegenstände selbst darboten. Nach einer kurzen Erzählung der allgemeinen Eigenschaften der Materie wird die Bewegung zuerst betrachtet, da sie derjenige Zustand der Materie ist, wodurch alle Veränderungen zu Stande gebracht werden. Es folgen also natürlich Mechanik und Astronomie, welche von einer Erläuterung der Eigenschaften und Bewegung des Lichts begleitet werden. Hierauf werden die verwickeltern Bewegungen der Flüßigkeiten und die Erscheinungen des Luftkreises betrachtet. Bis hieher hat man sich befleißigt, solche allgemeine Erfolge abzuhandeln, welche von den Bewegungen der Körper entstehen, ohne auf die besondern Eigenschaften,

welche sie in ihren verschiedenen Classen unterscheiden, Rücksicht zu nehmen. Der übrige Theil dieser Schrift ist diesen besondern Eigenschaften gewidmet; ein langer Abschnitt von der Chymie dienet zu deren Erklärung, in sofern sie gegenwärtig bekannt sind und durch bloßes Lesen verstanden werden können. Die Betrachtung der feinen und beständig elastischen Flüßigkeiten, welche man Luft nennt, kann man für einen Theil der Chymie betrachten; aber die Neuheit und Nutzbarkeit des Gegenstandes forderte einen besondern Abschnitt. In dem lezten Abschnitte werden die allgemeinen Grundsätze der Elektricität vorgetragen. Man wird dahero überhaupt sehen, daß die wissenschaftlichern und mehr systematischen Theile der Naturwissenschaft zuerst abgehandelt und ihnen die andern schwerer zu verstehenden nachgesetzt worden sind.

Da es die Absicht gegenwärtiger Abhandlung ist, denen, welche sehr wenig mathematische Kenntnisse besitzen, eine verständliche Nachricht von dem gegenwärtigen Zustande der Naturwissenschaft zu geben; so haben wir Sorge getragen, solche Thatsachen und Versuche auszuwählen, welche zu Bestätigung der Grundwahrheiten dienen. Die Abänderung der Versuche von einerley Art ist dahero nicht groß; es ist aber hoffentlich der Vortheil einer größern Anzahl allgemeiner Grundsätze dadurch erreicht worden. Die physikalischen Instrumente sind ebenfalls nicht bis auf alle kleine Theile beschrieben worden. Die Beschreibungen

von den einzelnen Theilen der Zeichnungen werden selten gelesen und verstanden; aus dieser Ursache haben wir es für besser gehalten, ihre Einrichtung überhaupt zu erklären, und die Kleinigkeiten der unmittelbaren Besichtigung zu überlassen. Unsere vornehmste Absicht ist es durchgängig gewesen, durch gedrängte Kürze und vortheilhafte Anordnung dem Gedächtnisse zu Hülfe zu kommen und den Verstand aufzuklären.

Man hat dahero dergleichen weitschweifige Untersuchungen, welche von der Erklärung eines andern unverständlicher werden, als wenn sie der Verfasser erklärt, nicht statt finden lassen, und den Schein einer Vertraulichkeit, welcher mit einer weitschweifigen und unphilosophischen Erklärung eines Erfolgs durch einen andern eben so dunkeln gemeiniglich verbunden ist, vermieden. Im Gegentheile hat sich der Verfasser allenthalben bemühet, die Gründlichkeit in den Beweisen und die Bestimmtheit des Ausdrucks beyzubehalten, welche die Schriften der besten englischen Naturforscher so vorzüglich unterscheidet. Und ohngeachtet die Natur dieses Unternehmens eine Abweichung von den vortrefflichen allgemeinen Sätzen, welche man aus strengen mathematischen Schlüssen erhält, unvermeidlich macht; so ist jedoch zu hoffen, daß der Lehrbegierige in dieser Abhandlung nichts antreffen werde, welches er zu wissen für unnöthig halten sollte, wenn er solche Schriften lieset, zu welchen diese eine Einleitung ist.

Eine aufmerksame Untersuchung derjenigen Schriften, welche der Verfasser dieser Schrift benutzt hat, haben ihm gezeigt, daß auch die Werke großer Männer, die in dem größten Ansehen stehen und es verdienen, nicht frey von wichtigen Fehlern sind. Die gegenwärtige Gelegenheit fordert diese unangenehme Arbeit nicht von ihm, sie auszuzeichnen; er wagt es aber auch vermöge dieser wahren Bemerkung nicht, zu hoffen, daß sein Fleiß ihn von Irrthümern ganz befreyet habe. Inzwischen glaubt er wegen derselben wenig zu befürchten zu haben; da es ausgemacht ist, daß diejenigen, welche sie zu entdecken am besten geschickt sind, auch zugleich am rechtschaffensten denken.

Die Freyheit, welche man sich genommen hat, die Worte anderer Verfasser zu verändern und der Absicht dieser Schrift gemäß einzurichten, würde der Anwendung wörtlicher Anführungen hinderlich gewesen seyn, wenn man sie für nöthig angesehen hätte; da aber die gegenwärtige Absicht gar nicht auf die Geschichte abzielt, so hat man sich der Namen der Verfasser so viel enthalten, als mit dem Wunsche des Verfassers, den Verdacht des Ausschreibens zu verhüten, bestehen konnte. Wenn dem Verfasser eines kurzen Inbegriffs einer Wissenschaft das Ausschreiben zur Last gelegt werden darf, so muß dieses Geständniß hinlänglich seyn, um den Vorwurf abzulenken.

Bey dem Abdrucke hat man für alles gesorgt, was man bey einem Handbuche der Naturlehre für

nützlich zu halten pflegt. Man hat den Inhalt der Kapitel, die Beziehungen auf die Kupfer und ein vollständiges Register beygefügt. Woraus der Leser sehen wird, daß kein Gegenstand von Wichtigkeit übergangen worden ist.

Diejenigen, welche die chymischen Wahrheiten durch Versuche, die wenig Aufwand verursachen, in ihr Gedächtniß prägen wollen, werden erinnert, sich vor der Gefahr sicher zu setzen, welche zuweilen damit verbunden ist. Die Auflösungen, Abdampfungen und Verkalkungen nicht entzündlicher Materien können in den gewöhnlichen Behältnissen eines Wohnhauses vorgenommen werden; aber die Destillation ätzender und entzündlicher Materien darf man nicht anders, als an einem hierzu eingerichteten Orte unternehmen. Das Zerspringen einer Retorte, welche eine concentrirte rauchende Säure enthält, muß eben sowohl das Hausgeräthe beschädigen als der Gesundheit nachtheilig seyn; und brennende Geister, Harze und dergleichen würden das Haus in eine gleiche Gefahr setzen, wenn sich dieser Zufall ereignete. Es ist unmöglich, zu Verhütung der vielen Zufälle, welchen die chymischen Versuche unterworfen sind, Vorschriften zu ertheilen; die Hauptregel bestehet darinn, daß man allezeit dahin besorgt sey, aus ähnlichen Fällen die Folgen oder den wahrscheinlichen Erfolg der vorhabenden chymischen Arbeit vorher zu sehen, und wenn dieses nicht geschehen kann, daß man die Erscheinungen bemerke und die Arbeit mit Vorsicht fortsetze.

Da fast ein jeder Abschnitt mit einer Einleitung versehen ist, so wird es unnöthig, uns an diesem Orte auszubreiten. Die Leser mögen bestimmen, ob folgende Blätter so beschaffen sind, daß die Einsichten in die Natur dadurch befördert werden können. Der Verfasser findet schon darinn eine Genugthuung, daß er sich darnach bestrebt hat.

Inhalt.

Einleitung. Von den Graden und Arten der menschlichen Erkenntniß.

Erster Theil.

Erster Abschnitt: Von der Materie überhaupt.

Erstes Kapitel: Von der Materie und ihren Eigenschaften § 1—4

Zweytes Kapitel: Von der Ausdehnung, Undurchdringlichkeit und Figur oder Gestalt 5—16

Drittes Kapitel: Von der Bewegung und der Trägheit oder Ruhe 17—23

Viertes Kapitel: Von der Attraction 24—29

Fünftes Kapitel: Von dem Zusammenhange und den besondern Attractionen 30—38

Zweeter Abschnitt: Von den Körpern in Bewegung 39

Erstes Kapitel: Von den mechanischen Potenzen 40—42

Zweytes Kapitel: Von dem Hebel 43—46

Drittes Kapitel: Von dem Rade an der Axe, der Rolle und dem Flaschenzuge 47—51

Viertes Kapitel: Von der geneigten Ebene und dem Keile 52. 53

Fünftes Kapitel: Von der Schraube und den Maschinen überhaupt 54—57

Sechstes Kapitel: Von dem Schwerpuncte 58—62

Siebendes Kapitel: Von der Bewegung eines Körpers, auf welchen eine Centripetalkraft würkt 63—70

Dritter Abschnitt: Von der Astronomie.

Erstes Kapitel: Von dem Weltgebäude überhaupt 71—76

Zweytes Kapitel: Von der Gestalt und Bewegung der Erde 77—82

Drittes Kapitel: Von den abwechselnden Erscheinungen der obern und untern Planeten 83—89

Viertes Kapitel: Von den obern Planeten und der wahren Gestalt der Planetenbahnen § 90—95
Fünftes Kapitel: Bestimmungen der Planeten 96. 97
Sechstes Kapitel: Von der Parallaxe und dem Durchgange der Venus 98—103
Siebendes Kapitel: Von den Nebenplaneten 104—109
Achtes Kapitel: Von dem Monde 110—114
Neuntes Kapitel: Von den Kometen und dem Verhältnisse des Lichts und der Wärme auf den Planeten 115—121
Zehendes Kapitel: Von dem Monde durch Fernröhre betrachtet 122—126
Eilftes Kapitel: Von der Sonne und den Planeten durch Fernröhre betrachtet 127—132
Zwölftes Kapitel: Von der Länge der Tage und Nächte und den Jahreszeiten 133—143
Dreyzehendes Kapitel: Von den Fixsternen und der Größe des Weltraumes 144—147

Vierter Abschnitt: Von den Würkungen der allgemeinen Schwere.

Erstes Kapitel: Von den physikalischen Ursachen der Bewegungen der Himmelskörper 148—152
Zweytes Kapitel: Von der Ungleichheit, welche aus dem wechselseitigen Anziehen der Planeten entstehet 153—160
Drittes Kapitel: Von der Gestalt der Planeten, der Vorrückung der Aequinoctialpuncte und dem Wanken der Erdaxe 161—166
Viertes Kapitel: Von der Ebbe und Fluth 167—172

Zweeter Theil.

Erster Abschnitt: Von dem Lichte und den Farben.
Erstes Kapitel: Von dem eingeschränkten Zustande des menschlichen Erkenntnißvermögens § 173
Zweytes Kapitel: Von den Eigenschaften des Lichts überhaupt 174—183

Drittes Kapitel: Erklärungen und Grundsätze der Optik
§ 184. 185
Viertes Kapitel: Von der verschiedenen Brechbarkeit der Lichtstrahlen 186—191
Fünftes Kapitel: Von der Zurückwerfung des Lichts und dem Regenbogen 192—197
Sechstes Kapitel: Von der Zerstreuung der ursprünglichen Lichtstrahlen bey der Zurückwerfung oder dem Durchgange, welche von der Dicke des Mittels, auf welches sie fallen, entstehet 198—203
Siebendes Kapitel: Allgemeine Folgerungen in Ansehung der Fähigkeit zurückgeworfen oder durchgelassen zu werden, welche bey den Lichtstrahlen von der Dicke des Mittels, auf welches sie fallen, bewürkt wird 204—206
Achtes Kapitel: Von den beständigen Farben der natürlichen Körper, und der Aehnlichkeit zwischen ihnen und den Farben dünner durchsichtiger Scheiben 207—210
Neuntes Kapitel: Von dem Zurückwerfungs- und Brechungsvermögen der Körper 211—213
Zehendes Kapitel: Von der Beugung der Lichtstrahlen, welche bey Körpern vorbeygehen 214—218

Zweeter Abschnitt: Von der Optik.

Erstes Kapitel: Von der Zurückwerfung und Brechung des Lichts durch regelmäßig gebildete Flächen 219—224
Zweytes Kapitel: Von der Dioptrik oder der regelmäßigen Brechung des Lichts 225—228
Drittes Kapitel: Von dem Auge und dem Sehen. 229—234
Viertes Kapitel: Von den Mikroskopen oder den dioptrischen Werkzeugen, wodurch kleine und nahe Gegenstände vergrößert gesehen werden 235—241
Fünftes Kapitel: Von den Fernröhren, oder den dioptrischen Werkzeugen, wodurch entfernte Gegenstände gröfser und deutlicher gesehen werden 242—249

Sechstes Kapitel: Von den Unvollkommenheiten der Fernröhre, von ihren Verbesserungen und den achroamatischen Fernröhren § 250—254

Siebendes Kapitel: Von der Katoptrik oder der regelmäßigen Zurückwerfung des Lichts und den Spiegelteleskopen 255—259

Dritter Abschnitt: Von den flüßigen Körpern 260

Erstes Kapitel: Von der Hydrostatik oder den Würkungen flüßiger Körper vermöge ihrer Schwere 261—268

Zweytes Kapitel: Von der Bewegung flüßiger Körper, welche von dem Drucke ihrer obern Theile entstehet 269—272

Drittes Kapitel: Von der eigenthümlichen Schwere 273—280

Viertes Kapitel: Von dem Widerstande den feste Körper bey ihrer Bewegung in flüßigen leiden 281—285

Vierter Abschnitt: Von der Luft.

Erstes Kapitel: Von den allgemeinen Eigenschaften der Luft und der Höhe des Luftkreises 286—293

Zweytes Kapitel: Von dem Brechungsvermögen der Luft, ihrer Verdünnung und Verdichtung durch Hitze und Kälte 294—297

Drittes Kapitel: Von den Winden und ihren Ursachen 298—306

Viertes Kapitel: Von dem Schalle und der Musik 307—313

Fünftes Kapitel: Beschreibung verschiedener Werkzeuge, deren Veränderungen von der Beschaffenheit der Luft abhängen 314—328

Sechstes Kapitel: Von der Luftpumpe und ihrem Nutzen 329—340

Dritter Theil.

Erster Abschnitt: Von der Chymie § 341

Erstes Kapitel: Von der Chymie und den Zerlegungsarten der Körper 342—347

Zweytes Kapitel: Von der Wärme und der Art chymische Arbeiten anzustellen 348—363

Drittes Kapitel: Von den chymischen Elementen oder denjenigen Körpern, welche weniger als alle andere zusammengesetzt sind 364—379

Viertes Kapitel: Von den Erden 380—390

Fünftes Kapitel: Von den Säuren 391—416

Sechstes Kapitel: Von den Alkalien 417—425

Siebendes Kapitel: Von den zusammengesetzten Körpern, und besonders von denen, welche verbrennlich sind 426—435

Achtes Kapitel: Von den Metallen: Gold, Platina und Silber 436—451

Neuntes Kapitel: Von den unvollkommnen Metallen: Kupfer, Eisen, Zinn, Bley 452—468

Zehendes Kapitel: Von dem Queckfilber 469—476

Elftes Kapitel: Von den Halbmetallen 477—485

Zwölftes Kapitel: Von den Salzen 486—495

Dreyzehendes Kapitel: Von der magnetischen Kraft 496—507

Zweeter Abschnitt: Von der Luft 508

Erstes Kapitel: Von der Art, Versuche damit anzustellen und der einathembaren Luft 509—516

Zweytes Kapitel: Von der fixen Luft 517—521

Drittes Kapitel: Von der brennbaren Luft; der Salpeterluft und der Art die Reinigkeit des Luftkreises zu bestimmen 522—528

Viertes Kapitel: Von der vitriolsauren, salzsauren, essigsauren, spatsauren und alkalischen Luft und den Salpeterdämpfen 529—534

Dritter Abschnitt: Von der Elektricität.

Erstes Kapitel: Von der Elektricität und dem Verhalten verschiedener Körper in Ansehung derselben § 535—541

Zweytes Kapitel: Von der Erregung, ihren zwo verschiedenen Arten und den Würkungen spitzer Leiter 542—550

Drittes Kapitel: Von dem Durchgange der elektrischen Materie durch die gemeine nnd durch sehr verdünnte Luft nebst Beschreibung einer Elektrisirmaschine 551—556

Viertes Kapitel: Von der Elektricität welche entstehet, wenn man einen Leiter dem ersten elektrischen Leiter nähert, und von dem Laden und Entladen elektrischer Platten 557—562

Fünftes Kapitel: Von den elektrischen Flaschen, der Geschwindigkeit der Erschütterung, dem Lichte in dem Leidner Vacuum, der Ladung einer Luftscheibe, wovon die Würkung zugespitzter Körper hergeleitet wird und von der Elektricität, welche in gewissen Körpern durch Erhitzen und Abkühlen entstehet 563—575

Sechstes Kapitel: Von der natürlichen Elektricität 576—582

Siebendes Kapitel: Von dem Blitze und andern Lufterscheinungen 583

Einleitung

Von den Graden und Arten der menschlichen Erkenntniß.

Die Eindrücke, welche äuserliche Gegenstände auf den Werkzeugen der Sinne verursachen, bringen in der Seele Begriffe hervor, und unsere Abhängigkeit von diesen Würkungen ist so groß, daß wir genöthiget sind, den Ursprung der allgemeinen Wahrheiten von denselben herzuleiten. Dieses ist eine der vornehmsten Beschäfftigungen unseres Lebens, und die Sammlung an Wahrheiten, welche auf diese Art erlangt worden ist, nennet man Wissenschaft.

Jeder Begriff stehet mit jedem andern in einem nothwendigen Verhältnisse; das heißt, die Bejahung, welche in Ansehung zweener Begriffe statt gefunden hat, muß entweder wahr oder falsch seyn. Die Wissenschaft ist dahero ein Bewußtseyn der Uebereinstimmung und Verschiedenheit der Begriffe untereinander, indem eine besondere Bejahung hinzugefügt oder ihr Verhältniß gegen einander bemerkt wird. Dieses Bewußtseyn wird entweder durch Anschauung, oder Demonstration oder durch Analogie erlangt.

Es giebt Begriffe, deren Verhältniß gegen einander in gewisser Rücksicht so leicht zu bemerken ist, daß um eine Erkenntniß davon zu erlangen, nichts mehr erfodert wird, als sie neben einander zu stellen. Wenn zum Beyspiele ein gegebener Körper in Theile getheilet und das wechselseitige Verhältniß des ganzen Körpers und eines seiner Theile in Ansehung ihrer Größe verlangt wird; so begreift der Verstand augenblicklich mit der klärsten und vollkommensten Gewißheit, daß der ganze Körper größer als dessen Theil sey. Wenn man den Körper selbst oder dessen Größe in Gedanken abstrahirt oder wegdenkt; so erhält man folgenden allgemeinen Satz: Jede Größe ist größer als ein Theil derselben. Diese Art der Erkenntniß wird eine anschauende, und die allgemeinen Sätze werden Grundsätze genennt.

Allein der menschliche Verstand ist begränzt und es giebt nicht viel Begriffe, deren wechselseitiges Verhältniß auf diese Art bemerkt werden könnte. Verlangt man nun das wechselseitige Verhältniß zweener Begriffe, deren Uebereinstimmung und Verschiedenheit nicht anschaulich erkennt werden kann, zu bestimmen; so kann die Wahrheit oft durch Vorausschickung einer Reihe Grundsätze gefunden werden. Wenn zum Beyspiele*) zwo gerade Linien einander durchschneiden und man zu wissen verlangt, ob die gegenüberstehenden Winkel einander gleich sind; so ist folgende Untersuchung nöthig. Man nenne die gegenüberstehenden Winkel a und c, und den Berührungswinkel zwischen a und c nenne man b; so wird es durch Anschauung begreiflich, daß a dem Unterschiede zwischen b und zween rechten Winkeln gleich sey, daß c ebenfalls diesen Unterschied ausmache und daß folglich a und c einander gleich seyn müssen. Diese Art des Beweises nennet man Demonstration. Die Gewißheit der durch Demonstration erhaltenen Erkenntniß ist derjenigen gleich, welche man durch Anschauung erlangt hat; aber der Verstand wird dadurch nicht so vollkommen überzeugt, wenn vornehmlich die Anzahl der vorausgeschickten Grundsätze sehr groß ist.

Der Mangel an Grundsätzen und das Mühsame der Demonstration sind nicht die einzigen Hindernisse zur Erkenntniß zu gelangen. Denn da sich die Erkenntniß blos mit Begriffen beschäfftiget; so kann man sagen, sie sey in Ansehung äuserer Gegenstände nur in so fern im Besitze der Würklichkeit, als die Begriffe für die Dinge, welche sie vorstellen, angenommen oder an deren Stelle gesezt werden können; und da läßt sich unmöglich bestimmen, in wie ferne dieses mit Wahrheit und ob es in allen Fällen geschehen könne. Indem wir uns von Gegenständen Begriffe machen, sind wir nicht nur dieserwegen Irrthümern unterworfen, weil der vollständige Begriff von einem Dinge alle Eigenschaften desselben enthalten muß, und derselbe unvollständig und unausführlich seyn kann; sondern

*) Euklides I. 15. A. d. V.

weil auch diese Begriffe von einem vorhandenen Dinge dem Wesen nach eben so ganz verschieden seyn können, wie man bey den Begriffen von der Farbe, dem Schalle, dem Schmerze u. d. g. wahrnimmt. Die grose Deutlichkeit und Gewißheit der mathematischen Erkenntniß ist der einfachen Beschaffenheit der erwählten Begriffe und ihrer Unabhängigkeit von äuserlichen Dingen zuzuschreiben: denn da sich diese Wissenschaft blos mit Begriffen beschäfftigt, so ist es für ihre Wahrheiten von keinen Folgen, die geometrischen Figuren mögen würklich da seyn oder nicht; sondern es ist hinreichend, daß ihr Daseyn möglich ist.

Im Fall unsere Begriffe, wegen deren größeren Anzahl zu verwickelt und unausführlich sind, als daß sie uns aus der anschauenden Erkenntniß gezogene Schlüsse oder Grundsätze verstatten, so ist leicht einzusehen, daß man sich mit schwächeren Beweisen, als die Demonstration ist, werde begnügen müssen. Denn anstatt uns um Grundsätze zu bemühen, beobachten wir bey Vergleichung der Begriffe die Erfolge und vermuthen aus der Bemerkung dessen, was sich ereignet hat, was sich wieder zutragen werde. Beobachtungen haben uns gezeigt, daß ein gewisser Erfolg allezeit von einem andern bestimmten Erfolge begleitet werde; wir nehmen an, daß ein Verhältniß zwischen ihnen statt finde; wir stellen uns vor, dieses Verhältniß sey nothwendig und unterscheiden den ersten Erfolg unter dem Namen Ursache von dem leztern, den wir Würkung nennen. Diese Art der Erkenntniß, welche sich nicht auf Schlüsse, sondern blos auf Erfahrung gründet, kann man die analogische nennen; sie ist viel unvollkommner, als die durch Anschauung oder Demonstration erlangte Erkenntniß. Daß ein Stein auf die Erde herunterzufallen strebt, ist ein analogischer Satz. Er kann nicht demonstrirt werden; sondern aus der Betrachtung einer großen Anzahl Erfolge von derselben Beschaffenheit erlangt er einen Grad von Wahrscheinlichkeit, der uns, ihn anzunehmen, nöthiget. Daß jedoch analogische Sätze nichts mehr, als sehr wahrscheinliche Sätze sind, erhellet aus dem besondern Umstan-

de, daß ihr Gegensatz nichts ungereimtes enthält. Eine durch Anschauung oder Demonstration erlangte Wahrheit leugnen, heißt eine Unmöglichkeit behaupten; eine analogische Wahrheit aber leugnen, heißt blos eine Unwahrscheinlichkeit behaupten. Der menschliche Verstand empöret sich bey der Behauptung, daß ein Theil größer als das Ganze sey; allein wir sehen keine Unmöglichkeit in der Behauptung, daß ein Stein sich irgendwo in der Luft aufgehalten habe, ohne herunter zu fallen: diese Behauptung ist höchstens unwahrscheinlich, und nichts mehr. Ueberhaupt ist eine Demonstration eine Verbindung der Wahrheiten und Grundsätze, und ein analogischer Beweis eine Verbindung der Wahrscheinlichkeiten. Einzelne Wahrscheinlichkeiten sind in Ansehung der Analogie eben das, was Grundsätze in Ansehung der Demonstration sind. Bey Grundsätzen giebt es in Rücksicht auf ihre Gewißheit keine Stufen: sie sind alle gleich wahr; wahrscheinliche Sätze aber sind nach den Graden ihrer Glaubwürdigkeit sehr von einander unterschieden.

Die Naturwissenschaft verstattet augenscheinlich keine andere als analogische Beweise. Es ist dahero um diese Wissenschaft gründlich abzuhandeln nöthig, daß man keine Wahrscheinlichkeiten als erste Grundsätze der Analogie gelten lasse, als nur die, welche den stärksten und ausgemachtesten Schein der Wahrheit an sich tragen. Zu diesem Ende werden folgende Regeln beygefügt.

Regeln.

1) Es dürfen nicht mehrere Ursachen der natürlichen Dinge angenommen werden, als wahr und zureichend sind, um die Erscheinungen zu erklären.

2. Würkungen von einerley Art sind dahero von einerley Ursachen herzuleiten.

3. Solche Eigenschaften, welche nicht veränderlich sind und bey allen Körpern, die man untersuchen kann, angetroffen werden, müssen als Eigenschaften aller Körper überhaupt angenommen werden.

Erster Theil.

Erster Abschnitt.

Von der Materie überhaupt.

Erstes Kapitel.

Von der Materie und ihren Eigenschaften.

1. Die Materie ist diejenige Substanz, aus der alle körperliche Dinge gebildet sind. Sie wird uns blos durch ihre Eigenschaften kenntbar.

2. Die allgemeinen Eigenschaften der Materie sind Ausdehnung, Undurchdringlichkeit, Figur oder Gestalt, Trägheit, Attraction, Bewegbarkeit und Ruhe; welche sich außer den beyden lezten, die nicht zugleich neben einander bestehen können, durchgängig bey allen Körpern befinden *).

Es würde vielleicht ein fruchtloses Unternehmen seyn, wenn man untersuchen wollte, ob diese Eigenschaften die einzigen sind, welche allen Körpern überhaupt zukommen. Die Materie kann einige andere Eigenschaften haben, wel-

*) Diesen allgemeinen Eigenschaften fügt der Herr Prof. Ebert in seiner Naturlehre die Porosität hinzu; übergehet aber mit Recht die Ruhe unter denselben anzuführen. Die Figur wird ebenfalls von verschiedenen Naturforschern ausgeschlossen; weil die Ausdehnung der Körper begränzt ist, und sie in dieser Rücksicht eine Figur haben müssen. Die Attraction scheinet dem Hrn. Prof. Lichtenberg noch zu componirt zu seyn, um alle Bemühung sie zu erklären aufzugeben, und sie schlechtweg in die Classe der einfachen Phänomene der Ausdehnung, Impenetrabilität, Trägheit und Beweglichkeit der Materie zu setzen. Erxlebens Naturlehre §. 113. b. Der Herr Prof. Euler giebt nur die Ausdehnung, Undurchdringlichkeit und Trägheit als nothwendige Eigenschaften der Körper an. In dem 121 Briefe an eine deutsche Prinzessinn L.

che zu bemerken unsere Sinne nicht zureichen, oder die bishero den Untersuchungen der Naturforscher entgangen sind. Dieses aber muß uns daran erinnern, daß wir von dem Grundstof, in welchem diese Eigenschaften vereinigt sind, gar nichts wissen. Das Wesen der Materie ist uns unbekannt. Wir müssen uns dahero hüten zu glauben, als ob eine oder mehrere dieser Eigenschaften dieses Wesen selbst ausmachten: denn hieraus sind sehr beträchtliche Irrthümer erwachsen *).

3. Es giebt andere Eigenschaften, welche nicht bey allen Körpern angetroffen und welche besondere Eigenschaften genennet werden; dergleichen sind die Durchsichtigkeit, Undurchsichtigkeit, Flüssigkeit, Festigkeit u. d. g. Diese scheinen aber von der Gestalt oder Beschaffenheit der Theile der Körper abzuhängen, und sind dahero von diesen allgemeinen Eigenschaften auszuschließen. Es giebt auch verschiedene Arten des Anziehens und Abstoßens, die wir an dem gehörigen Orte abhandeln wollen.

4. Erklärungen der oben erwähnten allgemeinen Eigenschaften.

Die **Ausdehnung** ist diejenige Eigenschaft der Materie, vermöge welcher sie einen Raum einnimmt.

Die **Undurchdringlichkeit** ist diejenige Eigenschaft, vermöge welcher zween Körper nicht zu gleicher Zeit einerley Raum einnehmen können.

Die **Figur** oder **Gestalt** bestehet in dem Verhältnisse, welches die Flächen eines Körpers gegen einander haben, und ist genau genommen ein begränzte Ausdehnung.

*) Die Lehre de pleno vniuersali entstand aus einer falschen Erklärung der Materie. Descartes sezte das Wesen der Materie in der Ausdehnung, woraus natürlich folgte, daß ein Raum, welcher unendlich ist, mit ihr erfüllt seyn müsse. A. d. V.

Die Trägheit ist diejenige Eigenschaft, vermöge welcher ein Körper einer Kraft widerstehet, welche seinen Zustand der Bewegung oder der Ruhe zu verändern strebt.

Die Attraction ist diejenige Eigenschaft, nach welcher ein Körper sich dem andern zu nähern beständig bemühet, und nach welcher sich die Körper würklich einander nähern, wenn kein äuserliches Hinderniß hinzukömmt.

Die Bewegung ist eine fortgesezte und nach und nach erfolgte Veränderung des Ortes. Der Körper ruhet aber, wenn er an demselben Orte verbleibet.

Zweytes Kapitel.

Von der Ausdehnung, Undurchdringlichkeit und Figur oder Gestalt.

5. Obgleich die vorhergehenden Erklärungen hinreichend seyn könnten, die allgemeinen Eigenschaften der Materie zu bestimmen; so verdienen doch einige Bemerkungen, welche hier den schicklichsten Ort einnehmen, angeführet zu werden.

In der Geometrie betrachtet man die Ausdehnung nach den drey Dimensionen, der Länge, Breite und Dicke, und hieraus schlüßt man, daß die Materie bis in das Unendliche theilbar sey. Ob dieses zuzugeben sey, wird aus folgenden Sätzen leicht erhellen.

6. Es sey so wenig Materie, als man will, und ein endlicher Raum so groß als man will (zum Beyspiele ein um den Saturn beschriebener Würfel) gegeben; so ist es möglich, daß die wenige Materie sich in dem ganzen Raume ausbreite, und ihn so erfülle, daß sich in demselben kein Zwischenraum befindet, dessen Durchmesser größer als eine gegebene Linie wäre *).

Es sey dahero ein Körper gegeben, dessen Materie in einen absolut vollen Raum gebracht worden; so wird die-

*) Die Möglichkeit dieses Satzes findet man in Keillii introd. ad veram physicam p. 58 erwiesen. L.

ser Raum nur einem gegebenen Theile seiner vorhergehenden Größe gleich kommen.

7. Es können bey zween Körpern von gleicher Größe die Mengen ihrer Materie nach einem beliebigen Verhältnisse ungleich, und dennoch die Summe ihrer Zwischenräume oder leeren Räume in beyden Körpern beynahe gleich seyn.

Dieser lezte Satz fällt nicht so leicht in die Augen als der vorhergehende; aber ein Beyspiel wird ihn erläutern. Man nehme an, daß tausend Cubikzoll Gold einen Cubikzoll Materie enthalten, oder mit andern Worten, daß wenn diese Materie in einen absolut vollen Raum gebracht würde, derselbe einem Cubikzolle gleich wäre; so werden tausend Cubikzoll Wasser den neunzehenden Theil *) eines Cubikzolles Materie enthalten, wenn man sie reducirt. Folglich würden sich in dem Golde 999 Cubikzoll und in dem Wasser $999\frac{18}{19}$ Cubikzoll leere Räume befinden; das ist, sie werden beynahe gleich seyn **).

8. Die würkliche Theilung der Materie kann jedoch nur bis auf einen gewissen Grad fortgesezt und die lezten Theile der Körper können sehr wahrscheinlich durch keine Kraft in der Natur verändert werden. Diesem ohngeachtet aber darf man das Vorhergehende nicht so betrachten, als ob es blos aus abgesonderten Begriffen hergeleitet wäre; denn es giebt viele Beyspiele, welche darthun, in welche unbegreiflich kleine Theile die Körper würklich getheilet werden können ***).

*) Denn Gold ist neunzehnmal schwerer als Wasser. A. d. V.

**) Ist ebenfalls aus Keills Physik p. 59 entlehnet. L.

***) Man hat nicht allezeit die mathematische Theilung, welche in Gedanken ohne Aufhören fortgesezt werden kann, von der physikalischen Theilung unterschieden. Alles Ausgedehnte ist ohne Aufhören theilbar; denn wenn man bey einer in Gedanken fortgesezten Theilung auf so kleine Räume käme, die nicht mehr getheilet werden könnten, so hätten sie keine Ausdehnung mehr, und ihre Größe würde o seyn. Wäre dieses, so würde auch die größte Anzahl derselben keine Größe geben können. Ob aber diese ohnaufhörlich fortgesezte Theilung,

Ein Gran Goldblättchen bedeckt einen Raum von 50. Quadratzollen und enthält zwo Millionen sichtbarer Theile; aber bey der Vergoldung des Silberdrathes, wie er zu goldenen Tressen gebraucht wird, ist er in eine zwölfmal größere Fläche ausgebreitet.

Die Thierchen, welche in der Milch des Stockfisches bemerkt werden, sind so klein, daß viele tausend derselben auf einer Nadelspitze stehen könnten. Nimmt man an, daß die Blutkügelchen bey diesen Thierchen sich zu ihrem Körper eben so verhalten, wie die Kügelchen des Menschenblutes zu dem menschlichen Körper; so erhellet, daß das kleinste Sandkorn mehrere dieser Kügelchen enthalten würde, als 10256 der größten Berge in der Welt Sandkörner enthalten.

Jedoch scheinet dieses mit der erstaunlichen Feinheit der Lichtheilchen noch nicht in Vergleichung zu kommen. Ein Licht kann in der Nacht sehr wohl in einer Entfernung von zwo Meilen gesehen werden, wo man es auch durch eine kleine Oeffnung in einem Kartenblatte siehet. Hieraus folgt dahero, daß hier in jedem Augenblicke eine hinlängliche Menge Licht verbreitet werde um den Raum einer Kugel von vier Meilen im Durchmesser so zu erfüllen, daß kein leerer Raum von der Größe des funfzigsten Theiles eines Zolles übrig bleibt. Diese unermeßliche Menge von Theilen fliehet davon, und wird von andern hundert tausendmal in einer Secunde ersetzt. Woraus zu vermuthen, daß sie die Menge der Sandkörner übersteige, welche in vielen Millionen Erdkörpern, die an Größe unserer bewohnten Erde gleich sind, enthalten seyn können; da

der Ausdehnung, da sie eine Eigenschaft der Körper ist, auf die Körper oder die Materie angewendet werden und würklich geschehen könne; dieses ist eine andere Frage. Die Erfahrung, sagt Erxleben in seiner Naturlehre, kann uns weiter nichts lehren, als daß diese Theilbarkeit sehr weit geht; noch nicht, daß sie ohne Aufhören fortgeht. L.

jedoch die Abnahme des Lichtes nicht mehr als den vierzehenden Theil eines Granes beträgt *).

9) Diese Beyspiele werden hinreichend seyn, die erstaunliche Feinheit der körperlichen Theile, welche nichts desto weniger noch zusammengesezt sind, zu zeigen. Wenn das Gold in das dünnste Blättchen verwandelt worden ist; so hat es immer noch die Eigenschaften, welche von der Beschaffenheit der Theile herkommen. Die mikroscopischen Thierchen sind ohne Zweifel organisirte Körper, und ihre Blutkügelchen mit besondern Eigenschaften begabt. Eben so bestehen die Lichtstrahlen aus fast unendlich vielen verschiedenen Theilchen, welche wenn sie von einander getrennt werden, das Vermögen haben, die Begriffe von den Farben zu erregen **). Keine dieser Theilchen sind die lezten, aus denen alle Körper gebildet sind, denn sie haben alle noch sichere Merkmale der Zusammensetzung an sich. Welche unbegreifliche Feinheit müssen dahero diese Theilchen haben!

10. Diese lezten Theilchen sind es blos, denen man die Undurchdringlichkeit zuschreiben kann. Die Durchdringlichkeit findet in allen zusammengesezten Körpern statt. In den Zwischenräumen des Holzes befindet sich Wasser, in den Zwischenräumen des Wassers ist Luft; Queckſilber dringet in die Zwischenräume des Goldes und dergleichen mehr.

11. Einige Naturforscher haben gezweifelt, ob die Undurchdringlichkeit wirklich eine Eigenschaft der Materie sey; und wir müssen gestehen, daß ohngeachtet dieser Begriff so genau mit unserem Begriffe von der Materie verbunden ist, wir bey genauer Untersuchung des Ursprunges

*) Die aus diesem wahren Beyspiele gezogenen Folgerungen verlieren sehr viel an ihrer Größe, wenn man die Eulerische Theorie von der Fortpflanzung des Lichtes annimmt, und können selbst einen Beweis für diese Theorie abgeben; wovon jedoch an dem gehörigen Orte mehreres angemerkt werden wird. L.

**) Nach der Newtonschen Theorie. L.

dieses Begriffes unsere Erkenntniß davon ungewisser finden, als wir es vermuthet haben.

Um dieses uns deutlicher zu machen, müssen wir betrachten, daß unsere Vorstellung von der Undurchdringlichkeit sich auf unser Gefühl gründe. Wir bewegen die Hand gegen einen Körper, und er wird zurückgehalten sich vorwärts zu bewegen; hieraus schlüßen wir, daß der Körper einen besondern Raum mit Ausschlüßung eines jeden andern Körpers einnehme; das ist, er sey undurchdringlich.

Um aber diesen Schluß zu rechtfertigen, müssen wir gewiß überzeugt seyn, daß der Körper selbst, der den gegenwärtigen Raum einnimmt, diesem Drucke widerstehe; und hiervon können wir nicht versichert seyn, weil wir viele Beyspiele haben, wo Körper andern Körpern widerstehen, die in einiger Entfernung gegen den widerstehenden Körper bewegt werden. So widerstehet der Magnetstein unter gewissen Umständen der Bewegung des Eisens, wenn es ihm näher gebracht wird; und es ist kein Zweifel, daß wenn dieser Widerstand oder diese Zurückwürkung auf einen Theil des menschlichen Körpers geschähe, er eine ähnliche Empfindung verursachen würde, als bey der Berührung erfolgt. Wenn dem Menschen das Gesicht oder andere Sinne fehleten, um den würklichen Abstand des widerstehenden Körpers bemerken zu können; so würde er aus dem empfundenen Drucke schlüßen, daß der Körper mit dem Theile, wo er ihn empfindet, in Berührung wäre; und wenn seine Kraft nicht zureichte, diesen Widerstand zu überwinden, würde er schlüßen, der Körper sey undurchdringlich.

12. Wir haben aber vermöge verschiedener Versuche, die wir in der Folge zu erwähnen Gelegenheit haben werden, die gröβte Ursache anzunehmen, daß alle Körper eine abstoßende Kraft gegeneinander ausüben, und daß die gewöhnlichen Würkungen, welche man der Berührung und dem Zusammenstoßen zuschreibt, von diesem Abstoßen hervorgebracht werden: und wenn dieses sich so verhält, warum

schreiben wir nicht alle Würkungen von derselben Art dieser Ursache zu, deren Daseyn wir anerkennen; anstatt eine Undurchdringlichkeit, die niemals bewiesen werden kann, anzunehmen?

Wenn die abstoßende Kraft hinlänglich groß wird; so ist keine Naturkraft vermögend, sie zu übertreffen, und folglich werden alle Würkungen einer würklichen Undurchdringlichkeit statt finden, wenn gleich der Grundstoff oder die Materie selbst nicht undurchdringlich oder auch ausgedehnt wäre.

13. Wir sind nicht vermögend zu bestimmen, ob die Ausdehnung oder Undurchdringlichkeit wesentlich nothwendig sind; so viel ist aber gewiß, daß wir Begriffe von Dingen haben, wo weder die eine noch die andere angetroffen wird. Niemand denkt sich die Bilder in den Brennpuncten optischer Werkzeuge undurchdringlich, welche nichts desto weniger für würkliche Dinge angenommen werden, insbesondere das Bild vor einem Holspiegel *); und bey dem Begriffe, den wir von unserer Seele haben, sind wir so weit entfernet die Ausdehnung einzuschließen, daß es ungereimt scheinet, sie als theilbar zu denken, obgleich die Theilbarkeit mit der Ausdehnung wesentlich verbunden ist.

Aus diesen Betrachtungen erhellet, daß wir in Ansehung der Undurchdringlichkeit wie auch der Ausdehnung der Materie nicht so gewiß sind, als wir es in Ansehung ihrer Trägheit, Attraction und Bewegbarkeit sind **).

*) Man mag der Newtonischen oder Eulerischen Lehre von der Fortpflanzung des Lichtes Beyfall geben; so wird man annehmen müssen, daß diese Bilder von der Lichtmaterie oder dem Aether dargestellt und deren Theilchen, wenn man den Finger hindurch führet, weggestoßen werden. Man wird sie dahero ebenfalls als undurchdringlich betrachten können. L.

**) Von allen den Eigenschaften, die wir jeder Materie zuschreiben, haben wir freylich nur analogische Beweise. Wir treffen sie bey allen uns bekannten Körpern an, und schlüßen dahero, daß sie allen Körpern ohne Unterschied zukommen. Die Begriffe, weche wir von einfachen Substanzen haben,

14. Ob nun aber gleich in diesem Falle die Gewißheit nicht zu erreichen ist; so wollen wir doch die größere Wahrscheinlichkeit zu entdecken uns bemühen, nämlich; ob es wahrscheinlicher sey anzunehmen, daß die Theilchen der Materie mit einer endlichen abstoßenden Kraft begabt sind, welche ihre gegenseitige Annäherung verhindert und die wechselseitige Durchdringlichkeit oder das Hineindringen in einerley Raum unmöglich macht, wenn eine zu Ueberwindung dieses Abstoßens hinreichende Kraft angewendet würde; oder ob es undurchdringliche Atomen gebe, welche diesem Eindringen mit einer unendlichen Kraft widerstehen müßten?

Zu diesem Ende müssen wir uns auf Thatsachen einlassen. Wenn die abstoßende Kraft beständig so zunähme, wie die Entfernung der Körper abnimmt, so könnten wir schlüßen, daß sie die einzige Ursache der scheinbaren Undurchdringlichkeit der Körper wäre; allein wie es bey dem Magnetsteine eine gewisse kleine Entfernung giebt, bey welcher das Abstoßen aufhöret und das Anziehen sich anfängt, so wird auch bey dem Zusammendrücken der Körper die Entfernung durch einen gewissen Grad des Druckes hinlänglich vermindert, daß die Körper aneinander hängen. Diese Erscheinungen sind wahrscheinlicher Weise einander ähnlich; es beweiset aber auch in allen Fällen der Zusammenhang der körperlichen Theile eine wechselsweise Anziehung, und es läßt sich nicht leicht erklären, warum die Theile nicht in einander dringen und in einander fallen sollten, wenn die abstoßende Kraft, als von welcher ihre Undurchdringlichkeit als abhängig angenommen wurde, aufgehöret und der anziehenden Kraft ihre Stelle einge-

sind eigentlich der Metaphysik zur Untersuchung zu überlassen. Das physikalische Einfache ist hingegen, was nicht mehr aus physikalischen Theilchen zusammengesezt ist; es sind die lezten Theilchen, welche durch keine bekannte Kraft in der Natur getheilet werden können, welche aber immer noch ausgedehnt, undurchdringlich u. s. w. seyn müssen. L.

räumet hat. Dieserwegen scheinet auch die Lehre von undurchdringlichen Atomen wahrscheinlicher zu seyn.

15. Die Menge der Materie ist in der Welt viel geringer, als man sich gemeiniglich vorstellet. Dieses kann schon aus dem, was über diesen Gegenstand gesagt worden ist, geschlossen werden; noch besser aber läßt es sich aus den Eigenschaften durchsichtiger Körper herleiten. Das Licht gehet durch diese Körper nach allen Richtungen ohne dem geringsten Hindernisse hindurch. Der Brennpunct eines Brennspiegels, welcher die Dichtigkeit der Sonnenstrahlen auf drey tausendmal vermehret, kann in Glaskörpern oder in Wasser aufgefangen werden, ohne einige Würkung zu thun; weil die Theile dieser Körper den Durchgang des Lichtes nicht hindern. Den Grund des Meeres hat man bey einer Tiefe von mehr als sechzig Fuß sehen können. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die würkliche Materie eines dünnen Stückes Glas ein geringeres Verhältniß gegen seinen körperlichen Inhalt haben könne, als dieser Körper gegen die ganze Erde hat. Eben so gehet die electrische Materie mit einer unermeßlichen Geschwindigkeit durch die Zwischenräume des Goldes und anderer Körper und die magnetische Flüssigkeit würkt unvermindert durch alle Körper (das Eisen ausgenommen.)

Um die Möglichkeit dessen deutlicher zu zeigen, nehme man einen Körper an, der so zusammen gesetzt ist, daß sich eben so viel Zwischenräume als Materie in ihm befinden; so wird die Hälfte des Körpers leer seyn. Sezt man, daß die Theilchen aus denen er zusammengesezt ist, auf eben diese Art zusammengefügt sind; so werden drey Viertel des ganzen Raumes leer seyn. Nimmt man wieder an, daß die zulezt erwähnten Theilchen auf dieselbe Art zusammengefügt sind; so wird der leere Raum sieben Achtel betragen. Wenn nun diese Reihe bis zur zehenden Ordnung der Theilchen fortgesezt wird; so wird der leere Raum 1023 mal größer, als die Materie seyn.

16. Daß der Figur oder Gestalt der Körper sehr viele Effecte zuzuschreiben sind, davon können wir uns täglich

überzeugen. Die meisten von denjenigen Eigenschaften, welche man besondere nennt, müssen dieser Eigenschaft zugeschrieben werden. Die Flüssigkeit, Festigkeit, Elasticität und dergleichen sind wahrscheinlich von gewissen Bildungen der Theile dieser Körper, bey denen sie sich befinden, oder von gewissen beygefügten verschiedentlich gebildeten Theilen, die sich in dem Gewebe der flüsisgen, festen oder elastischen und anderer Körper befinden, herzuleiten. Jedoch wird in der Folge mehr hiervon gesagt werden.

Drittes Kapitel.

Von der Bewegung, der Trägheit und Ruhe.

17. Es ist vornehmlich der Trägheit zuzuschreiben, daß wir von der verhältnißmäsigen Menge der Materie in den Körpern eine Kenntniß erlangen. Die Menge der Materien richtet sich bey Körpern, welche vollkommen gleichartig sind, nach ihrer Ausdehnung; bey ungleichartigen Körpern aber kann dieses Verhältniß nicht gelten. Bey gleichartigen Körpern bemerken wir, daß sich die Trägheit nach dem Verhältnisse der Ausdehnung, das ist, nach dem Verhältnisse der Masse *) richte; und daraus erhalten wir durch Anwendung des Verhältnisses der Trägheit auf unähnliche Körper eine Kenntniß von ihren Massen. So ist zum Beyspiele die Menge der Materie in einem Cubikzolle Gold 1, in zween Cubikzollen 2, in drey Cubikzollen 3 und so weiter; dieses leiten wir von Ausdehnung, und zugleich von der Trägheit her, welche beyde in diesem Falle nach einerley Verhältnisse fortgehen. Wenn aber ein Cubikzoll Kupfer hinzugesezt und dadurch die Ausdehnung um 1 vermehret wird; so wird doch die Trägheit nur um $\frac{1}{2}$ zunehmen. Es ist dahero entweder die Ausdehnung oder die Trägheit nicht das eigentliche

* Masse heißt die Menge Materie, welche ein Körper enthält. L.

Maas der Masse: da wir aber mit mehrerem Rechte annehmen können, daß die Ausdehnung oder der von den äusern Gränzen des Körpers eingeschlossene Raum, wegen der Porosität des Körpers, nicht das Maas sey, als daß die Trägheit der letzten Theilchen der Materie veränderlich seyn sollte; so schlüßen wir, daß sich die Menge der Materie wie die Größe der Trägheit verhalte, ob wir gleich gestehen müssen, daß sich keiner der beyden Sätze physikalisch erweisen lasse.

18. Weil die Trägheit diejenige Eigenschaft der Materie ist, vermöge welcher sie einer jeden Veränderung ihres Zustandes, der Bewegung oder Ruhe widerstehet; so wird ihre Größe nach der Kraft bestimmt, die zu Hervorbringung einer gegebenen Veränderung erfoderlich ist, das heißt, die Kraft, welche erfodert wird, um einem ruhenden Körper A, der zehen Theile Materie enthält, einen gewissen Grad der Geschwindigkeit zu geben, ist fünfmal größer als die Kraft, welche bey einem ruhenden Körper B, von zween Theilen dieselbe Geschwindigkeit hervor bringt.

19. Diese Kraft wird, wenn sie einen Körper bewegt, die **Größe der Bewegung** genennet, und wird durch das Product der Masse in ihre Geschwindigkeit gemessen; denn die gänzliche Bewegung eines Körpers ist die Summe der Bewegungen aller seiner Theile. Es wurde dahero in dem zulezt ermeldeten Beyspiele der Körper A mit einer fünfmal größern Kraft bewegt als der Körper B, obgleich die Geschwindigkeit bey beyden gleich war. Wenn aber die Geschwindigkeit des Körpers B fünfmal größer geworden wäre, so würden alsdenn die Größen der Bewegung gleich seyn; da sie bey A mit 10 mal 1 und bey B mit 2 mal 5 ausgedrückt wird.

20. Die Bewegung und Ruhe wird in die würkliche und scheinbare (absolute und relative) eingetheilet. Die **würkliche Bewegung** ist der Uebergang eines Körpers aus einem Theile des Raumes in einen andern. Die **scheinbare Bewegung** ist eine nach und nach erfolgende Veränderung der Lage eines Körpers gegen einen

andern Körper, der sich jedoch nicht in Ruhe befinden kann. Wenn also ein Mensch in einem Schiffe sizt, das sich bewegt, so ist er scheinbar in Ruhe, das ist, in Ansehung der Theile des Schiffes; er befindet sich aber würklich in Bewegung, da er mit dem Schiffe aus einem Theile des Raumes in einen andern versezt wird. Wenn hingegen ein Schiffmann sich an den Stacken anlegt und das Schiff in Bewegung sezt, indem er an dem Bord desselben hingehet, so ist er würklich in Ruhe, aber scheinbar in Bewegung, weil er in Beziehung auf das Schiff von einem Ende bis zu dem andern fortgehet. Ziehet man aber die Bewegung der Erde in Betrachtung; so werden die würklichen Bewegungen des Schiffes und dessen, was es enthält, aus der Summe oder den Differenzen ihrer scheinbaren Bewegungen in Vergleichung mit der würklichen Bewegung der Erde zusammengesezt seyn.

21. Man unterscheidet noch eine andere Bewegung welche man die **Winkelbewegung** nennet und die von einem optischen Betruge abhängt. Es befinde sich in E (fig. 1.) das Auge; so wird ein Körper, der sich von C nach D, oder von F nach G oder durch eine jede gerade Linie zwischen den Linien EM und EN bewegt, die Linie AB zu beschreiben scheinen, obschon dessen würkliche Bewegung ganz anders ist; und wenn sich ein Körper in gerader Richtung dem Auge nähert oder sich von demselben entfernet, wird er in Ruhe zu seyn scheinen. Wir haben zwar eine Fertigkeit erlangt die verschiedenen Bewegungen, welche in schiefer Richtung gegen das Auge vor sich gehen, aus andern Umständen zu unterscheiden; wenn aber diese Umstände fehlen, wie bey den Himmelskörpern, so wird nicht wenig Aufmerksamkeit erfodert, um die würkliche von der scheinbaren Bewegung zu unterscheiden.

(Zur bequemen Uebersicht der wahren und scheinbaren Bewegungen wird die Auseinandersetzung folgender Fälle sehr dienlich seyn. 1. Wenn das Auge in Ruhe ist und der Körper sich beweget; so ist es eine würkliche Bewegung, die von uns am leichtesten beurtheilet werden kann, wo

wir nicht dadurch getäuscht werden, daß sich der Körper zu geschwinde beweget, oder daß wir dessen Entfernung und die Richtung der Bewegung nicht schätzen können. Diese leztere nennet der Verfasser Winkelbewegung. 2. Wenn das Auge sich bewegt und der Körper ruhet; so scheinet der Körper sich zu bewegen. 3. Wenn sich das Auge so wohl als der Körper bewegt. Dieser Fall zerfällt wieder in drey andere. Denn es bewegt sich entweder das Auge und der Körper nach einerley Richtung und mit einerley Geschwindigkeit; so wird der Körper zu ruhen scheinen. Oder das Auge und der Körper bewegen sich nach entgegengesezter Richtung; so wird sich der Gegenstand mit der Summe beyder Geschwindigkeiten zu bewegen scheinen. Oder das Auge und der Körper bewegen sich nach einerley Richtung und mit verschiedenen Geschwindigkeiten; so wird sich der Körper mit der Differenz beyder Geschwindigkeiten zu bewegen scheinen. L.)

22. Zu Erklärung aller Phänomene bey der Bewegung sind folgende drey Gesetze hinreichend.

1. Gesetz. Jeder Körper beharrt in seinem Zustande entweder der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigten Bewegung, wofern er nicht von Kräften, die auf ihn würken, zu Veränderung dieses Zustandes genöthiget wird.

Da die ruhende Materie mit keiner Kraft begabt ist, sich selbst bewegen zu können; so wird sie immerfort in Ruhe bleiben, wenn sie nicht von einer äußerlichen Ursache angetrieben wird.

Es beweiset auch die tägliche Erfahrung, daß ein sich bewegender Körper seine Bewegung gleichförmig in gerader Linie fortsetzen würde, wenn es andere Kräfte nicht verhinderten. Der Widerstand der Luft und die Schwerkraft vernichten in kurzer Zeit die Bewegung geworfener Körper, welche außerdem von der Trägheit unaufhörlich fortgesezt worden wäre.

2. Gesetz. Eine jede Veränderung der Bewegung *) verhält sich wie die Kraft, welche sie hervorgebracht hat, und geschiehet nach der Richtungslinie, nach welcher diese Kraft gewürkt hat.

Wenn eine Kraft eine gewisse Bewegung hervor bringt; so wird eine doppelte Kraft eine noch einmal so große, und eine dreyfache Kraft eine dreymal so große Bewegung hervor bringen, sie mögen entweder alle auf einmal oder nach und nach angebracht werden. Und diese Bewegung, welche allezeit mit der Richtung der bewegenden Kraft übereinstimmt, wird, wenn der Körper schon in Bewegung ist, entweder zunehmen durch eine nach derselben Richtung würkende Kraft, oder abnehmen durch eine entgegen würkende Kraft, oder wenn die Kraft schief würkt, wird sie aus den Richtungen beyder Bewegungen zusammengesezt seyn.

3. Gesetz. **Würkung** und **Gegenwürkung** sind allemal einander gleich und entgegengesezt; oder die gegenseitigen Würkungen zweener Körper sind allezeit gleich und nach entgegengesezter Richtung.

Wenn man einen Stein mit dem Finger drückt, so wird der Finger eben so viel von dem Stein gedrückt. Wenn ein Pferd einen Stein ziehet, so ziehet der Stein das Pferd gleichmäsig rückwärts, denn der Strang ist an beyden Enden gleich stark gespannt **). Wenn ein Körper auf andere stößt; so wird er selbst von der Gegenwürkung eine gleiche Veränderung der Bewegung nach entgegengesezter Richtung leiden. Solchemnach sind diese Veränderungen der Bewegung allezeit gleich, ob schon nicht die Geschwindigkeit.

* Unter der Veränderung der Bewegung muß so wohl die Veränderung aus der Ruhe zur Bewegung, als die Veränderung verstanden werden, welche in einem sich schon bewegenden Körper hervorgebracht wird. A. d. V.

**) Denn man kann sich die ganze Kraft, womit beyde Körper auf einander würken unter der Spannung des Stranges vorstellen. L.

Um dieses etwas näher zu erläutern setze man, ein Pferd gehe mit einer Größe der Bewegung fort, welche durch die Zahl 3 ausgedrückt wird, und es werde eine Kraft, welche der Zahl 2 gleich ist, erfordert, um einen gewissen Stein zu bewegen; so wird das Pferd indem es ihn ziehet mit einer Kraft, die gleich 1. ist, fortgehen, da die Gegenwürkung des Steines eben so viel Kraft vernichtet, als zur Würkung erfoderlich war.

23. Aus diesen Gesetzen lassen sich leicht folgende Sätze herleiten, welche man zu Erklärung aller Effecte die von den mechanischen Potenzen hervorgebracht werden, anwenden kann.

1. Wenn ein Körper von zwo Kräften nach der Richtung zwoer Seiten eines Parallelogramms getrieben wird; so wird er sich in eben der Zeit durch die Diagonallinie bewegen, während welcher er von einer dieser Kräfte getrieben, sich durch eine von den Seiten bewegt haben würde.

Es werde ein Körper bey A (Fig. 2) von der einfachen Kraft M gestoßen und mit einer gleichförmigen Bewegung in einer gegebenen Zeit bis nach B fortgetrieben; von der einfachen Kraft N aber werde er an demselben Orte gestoßen und in derselben Zeit von A bis nach C fortgetrieben. Man verzeichne das Parallelogramm ABDC, so wird derselbe von den vereinigten Kräften in derselben Zeit durch die Diagonallinie von A bis D getrieben werden. Denn indem die Kraft N nach der Richtung der Linie AC, welche mit BD parallel ist, würkt, wird sie vermöge des 2. Gesetzes die Geschwindigkeit bey dem Fortrücken nach BD, welches von der andern Kraft bewirkt worden, in keiner Rücksicht ändern. Es wird dahero der Körper in derselben Zeit in der Linie BD ankommen, die Kraft N mag würken oder nicht, und zu Ende dieser Zeit wird er in irgend einem Puncte dieser Linie BD anzutreffen seyn. Aus eben diesem Grunde wird er am Ende dieser Zeit irgendwo in der Linie CD angetroffen werden, welches also an dem Orte geschehen muß, wo sich beyde Linien durch-

schneiden; und diese Bewegung wird nach dem 1 Gesetze in gerader Linie geschehen *).

2. Hieraus erhellet auch die Zusammensetzung einer mittlern Kraft BC aus den zwo conspirirenden Kräften AB und BD, und umgewendet, die Zergliederung einer mittlern Kraft in zwo äusere AB und AC, welche **Zusammensetzung** und **Zergliederung** in der Mechanik hinlänglich bestätiget wird.

3. Die Bewegung, welche man aus der Summe der nach einerley Richtung geschehenen Bewegungen oder aus

*) Unter den Beweisen dieses Satzes ist der des Herrn Hofrath Kästners mit Hülfe des Winkelhebels wohl der vorzüglichste; da er aber nach der angenommenen Ordnung hier nicht benuzt werden kann, so wird hoffentlich der Beweis, welchen der Freyherr von Wolf und andere anführen, hier etwas verändert eine Stelle verdienen.

Es werde der Körper in dem ersten Augenblicke von der Kraft M nach b und in demselben Augenblicke von der Kraft N nach c getrieben, wenn jede Kraft vor sich würkt; es wird sich dahero Ab : AB = Ac : AC verhalten. Man nehme an, daß die Kräfte M und N von Augenblick zu Augenblick wechselsweise und einzeln nach ihren Richtungen würken, und daß N alsdenn erst zu würken anfange, nachdem der Körper in b angekommen ist; so wird sie ihn in dem zweeten Augenblicke durch bd = Ac führen, und der Körper wird in dem Puncte d der Diagonallinie angekommen seyn. In dem dritten Augenblicke würke wieder die Kraft M, welche ihn von d nach e treibt, aus welchem Puncte er in dem vierten Augenblicke von der Kraft N in den Punct f der Diagonallinie geführet wird u. s. w. Solchemnach wird sich der Körper nach Verfluß jedes zweeten Augenblickes in den Puncten d, f u. s. w. der Diagonallinie und nach Verfluß aller Augenblicke in D befinden. Je kleiner nun die Zeittheilchen werden, desto mehr nähern sich die Puncte b, e u. s. f. der Diagonallinie und desto geringer wird der Unterschied zwischen den einfachen und doppelten Zeittheilchen seyn. Wenn dahero diese Zeittheilchen kleiner als jede angebliche Größe werden, so werden es auch die Linien Ab, bd, de, ef seyn; sie werden mit der Diagonallinie zusammenfallen, und der Unterschied der Abwechselungen der Kräfte wird verschwinden, das ist, beyde Kräfte werden zugleich würken. L.

dem Unterschiede der nach entgegengesezten Richtungen geschehenen Bewegungen erhält, wird durch die Würkung der Körper auf einander nicht verändert.

Denn da die Würkung der Gegenwürkung nach dem 3 Gesetze gleich ist, so werden sie in den Bewegungen, gleiche Veränderungen, ob wohl nach entgegengesezten Richtungen hervorbringen. Es wird also, wenn beyde Bewegungen nach einerley Richtungen geschehen das, was der Bewegung des gestoßenen Körpers zuwächst, von der Bewegung des stoßenden Körpers abgezogen werden müssen, und die Summe wird dieselbe seyn. Wenn aber die Körper gegeneinanderstoßen; so ist die Größe der aufgehobenen Bewegung bey beyden gleich und der Unterschied der nach entgegengesezten Richtungen geschehenen Bewegungen wird unverändert bleiben.

Viertes Kapitel.

Von der Attraction.

24. Da wir durch Zergliederung zusammengesezter Erfolge auf die einfachste aller natürlichen Ursachen gekommen sind; so halten wir uns für verbunden, diese Untersuchung mit ihrer Herleitung von einer nothwendigen vor sich bestehenden ersten Ursache zu beschließen. Es fehlen uns Phänomene, um bestimmen zu können, ob die Attraction unmittelbar von dem Worte des Schöpfers oder von andern dazwischenkommenden Ursachen abhänge. Das leztere ist am wahrscheinlichsten, jedoch können die Gründe, auf welchen diese Wahrscheinlichkeit beruhet, an diesem Orte nicht angegeben werden. Gegenwärtig wollen wir sie bloß als eine unbekannte Ursache von Würkungen betrachten, deren Daseyn wir nicht bezweifeln können, und bey diesen Würkungen wollen wir die Art, wie sie geschehen, bestimmen.

Die Attraction (anziehende Kraft) läßt sich, so viel als man sie aus Beobachtungen kennt, in drey Arten ab-

theilen, nämlich, in die Schwere, den Zusammenhang und in die besondere Attraction.

25. Die Schwere ist diejenige Kraft, nach welcher die Körper gegeneinander fallen. Die Nähe der Erde, welche alle Körper an sich ziehet, verhindert, daß ihre Würkungen in kleinern Körpern gegeneinander nicht sichtbar werden; jedoch hat man die Attraction des Berges Schehallien in Schottland gegen die Kugel eines Pendels bey sehr genau angestellten Versuchen beträchtlich gefunden.

26. Man hat bemerkt, daß diese Kraft bey allen Körpern gnau nach der Menge ihrer Materie würke, welches mittelst der Schwingungen des Pendels folgendermaßen entdeckt wird. Man lasse zween ungleiche Körper A und E (fig. 3.) an Fäden, welche vollkommen von gleicher Länge sind, aufhängen, und lasse sie zu gleicher Zeit aus den Puncten A und E der Bogen AC und EG, welche von den beyden niedrigsten Puncten D und H gleich weit entfernet sind, herabfallen; so werden ihre Schwingungen in gleichen Zeiten geschehen, und folglich werden die Geschwindigkeiten gleich seyn. Es wird dahero die Größe der Bewegung (welche ein Product der Masse in ihre Geschwindigkeit ist) sich bey beyden in dem Verhältnisse ihrer Massen befinden. Es verhält sich aber nach dem 2 Gesetze die Kraft, welche die Bewegung hervorbringt, wie die Größe der hervorgebrachten Bewegung; es muß also die Anziehungskraft mit der Menge der Materie der Körper im Verhältnisse seyn.

27. Dieses erhellet ebenfalls aus den Versuchen mit fallenden Körpern, welche durchgängig, so verschieden sie auch im Gewichte sind, wenn sie von gleichen Höhen herabfallen in gleichen Zeiten den Boden erreichen *); das

*) Der Widerstand der Luft wird hier mehrerer Deutlichkeit wegen nicht in Betrachtung gezogen, ob sie gleich allen in ihr vorgehenden Bewegungen sehr hinderlich ist. Eine Guinee fällt in weniger Zeit, als eine Feder herunter; allein unter der Glocke der Luftpumpe, welche Luftleer gemacht worden ist, fallen beyde in gleicher Zeit herunter. A. d. V.

ist, die Größen der Bewegung sind im Verhältnisse ihrer zugehörigen Massen.

Die Schwere würkt auf alle Körper zu allen Zeiten, und eben so in Bewegung als in Ruhe; dieses erhellet aus den Geschwindigkeiten fallender Körper, welche während ihres ganzen Falles gleichförmig beschleunigt werden. Daß eine beständige und gleichförmige würkende Kraft eine gleichförmige **Beschleunigung** der Geschwindigkeit hervorbringe, wird aus folgenden Betrachtungen klar. Man setze, ein Körper A fange durch einen in dem ersten Augenblicke von der Schwere ihm mitgetheilten Stoß sich zu bewegen an, und habe die Geschwindigkeit 1; so wird ein anderer Stoß in dem nächst folgenden Augenblicke eine der vorigen gleiche Geschwindigkeit erzeugen. Er wird sich dahero mit der Geschwindigkeit 2, und in dem dritten Augenblicke mit der Geschwindigkeit 3 u. s. f. bewegen: denn die vorhergehenden Geschwindigkeiten werden in keiner Rücksicht von den folgenden Stößen vermindert oder verändert. Wenn also die Stöße gleich und gleichzeitig sind, so wird die hervorgebrachte Bewegung eine gleichförmig beschleunigte seyn; und die Geschwindigkeit (welche in diesem Falle als die Bewegung betrachtet werden kann, denn die Masse darf sich nicht ändern) wird mit der Zeit im Verhältnisse seyn: wenn nämlich die Geschwindigkeit in 5 Augenblicken durch 5 ausgedrückt wird, so wird die in 10 Augenblicken hervorgebrachte Geschwindigkeit durch 10 ausgedrückt werden. Dieses ist wahr, wenn auch die Anzahl der Stöße in einer gegebenen Zeit noch so groß wäre. Man muß aber diese Anzahl hier als unendlich betrachten, denn die Schwere hört auch in dem kleinsten Theile der Zeit nicht auf zu würken, und die Beschleunigung wird in jedem Theile der Bewegung gleichförmig fortgesezt.

28. Der Raum, welcher in einer gegebenen Zeit bey einer gleichförmig beschleunigten Bewegung beschrieben wird, kann als die Summe einer unendlichen Anzahl Räume betrachtet werden, welche von einer gleichen Anzahl gleichförmig wachsender Geschwindigkeiten entstanden sind.

Diese Räume werden sich wie die Geschwindigkeiten verhalten. Wie sich dahero die Summe der Geschwindigkeiten in einer gegebenen Zeit zu der Summe der Geschwindigkeiten in einer andern gegebenen Zeit verhält, so wird sich der in der ersten gegebenen Zeit beschriebene Raum (oder die Summe der Räume) zu dem Raume (oder der Summe der Räume) verhalten, welcher in der andern gegebenen Zeit beschrieben worden. Es verhalten sich aber die Summen der Geschwindigkeiten bey allen Zeiträumen, von dem Anfange der Bewegung an gerechnet, gegen einander, wie die Quadrate der Zeiten; welches aus dem folgenden erhellet.

Bey dem Triangel ABC (fig. 4) theile man die Seite AB in die gleichen Theile A 1, 2, 3 u. s. w. und lasse sie die gleichen Zeittheile einer gleichförmig beschleunigten Bewegung vorstellen; so können die Parallellinien 1 d, 2 e, 3 f, u. s. w. die Geschwindigkeiten bey jedem Augenblicke 1, 2, 3 u. s. w. ausdrücken: denn sie verhalten sich wie die Zeiten A 1, A 2, A 3 u. s. w. Auf gleiche Art wird die noch einen andern Theil der Zeit, wie Am, erlangte Geschwindigkeit durch die zugehörige Ordinate mn ausgedrückt werden, und die Summe der Ordinaten, welche einem gewissen Zeitraume zukömmt, wird die Summe der Geschwindigkeiten vorstellen. Es ist aber die Summe der Ordinaten der Fläche gleich, welche zwischen den Ordinaten des ersten und lezten Augenblicks der Zeit enthalten ist, und wenn man von A anfängt, verhalten sich diese Flächen wie die Quadrate der Zeiten A 1, A 2, A 3 u. s. w. (vermöge der Eigenschaft ähnlicher Figuren). Es verhalten sich dahero die Summen der Geschwindigkeiten, und folglich auch die Räume, welche in allen gegebenen Zeiträumen von dem Anfange einer gleichförmig beschleunigten Bewegung an gerechnet, beschrieben worden sind, wie die Quadrate der Zeiten. Hieraus erhellet auch, daß die in gleichen auf einander folgenden Zeittheilchen beschriebenen Räume sich wie die Flächen, welche zwischen A und 1 d, 1 d und 2 e, 2 e und 3 f u. s. w. enthalten sind, oder wie

die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9 u. s. w. verhalten werden, welches man in der Figur aus der Anzahl der gleichen und ähnlichen kleinen Triangel, welche sie enthalten, erkennen wird.

29. Die Schwere vermindert sich nach dem umgewendeten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen von dem schwermachenden Körper. Diese Verminderung ist zu unbeträchtlich, als daß man sie in kleinen Entfernungen von der Erde bemerken könnte; allein sie ist sehr merklich bey der Würkung, die sie in den Bewegungen der Planeten hat.

(Zum Beschlusse dieses Kapitels dürften einige Versuche, welche das angegebene Gesetz fallender Körper bestätigen, angeführet zu werden verdienen. Ricciolus fand aus seinen Versuchen, mit Kreidenkugeln, welche $\frac{1}{2}$ Pfund schwer waren, daß

in der Zeit von		die Höhe des Falles betrage		
	50 Tertien	10	Römische	Fuß
1 Secund.	40 —	40	—	—
2 —	30 —	90	—	—
3 —	20 —	160	—	—
4 —	10 —	250	—	—

Ein andermal war

in der Zeit von	die Höhe des Falles
1 Secunde	15 Fuß
2 —	60 —
3 —	135 —
4 —	240 —

Jedoch vermuthet der Herr Hofrath Karsten, der in dem 2 Bande des 1 Theiles S. 332 seines Lehrbegriffs der Mathematik diese Versuche anführt, daß Ricciolus die kleinen Abweichungen, welche von dem Widerstande der Luft und andern Fehlern in der Beobachtung herrühren, weggelassen habe. Es verhalten sich aber hier die Höhen wie die Quadrate der Zeiten; denn es ist 10: 40 = 2500: 10000 und 60: 240 = 4: 16. Woraus zugleich erhel-

let, daß sich die Räume, welche ein Körper in jedem dieser Zeittheile durchläuft, wie die Zahlen 1, 3, 5, 7 u. s. w. verhalten. Der Körper fällt nämlich

in der ersten Secunde	durch 15 Fuß	= 1 × 15 Fuß
zwoten —	45 —	= 3 × 15 —
dritten —	75 —	= 5 × 15 —
vierten —	105 —	= 7 × 15 —

Zur genauen Bestimmung dieser Höhen bedienet man sich des Pendels; da aber di. Pendellängen an verschiedenen Orten der Erde verschieden sind, so wird auch die Höhe des freyen Falles schwerer Körper veränderlich seyn. Richer bemerkte zuerst, daß das Secundenpendel unter 4 Grad von dem Aequator um $1\frac{1}{4}$ Linie kürzer seyn müsse, als das Secundenpendel in Paris (S. Pariser phys. Abhandl. 1 Band. S. 314. Steinw. Uebr.). In Paris beträgt die Länge des Secundenpendels 36 Zoll $8\frac{5}{9}$ Linien des pariser Fußes, welche das Mittel aus vielen Versuchen nach der von Herrn Godin angestellten Vergleichung ist (Pariser Abhandl. 11 B. S. 282), und in eben dieser Abhandlung giebt Herr Godin die Länge des Secundenpendels an, welche er auf St. Domingo unter 18° 27′ nördlicher Breite 36 Zoll $7\frac{3}{8}$ Linien in eben demselben Maaße gefunden hat. Maupertuis fand sie zu Pello in Lappland 36 Zoll 9, 17 Linien des pariser Fußes (Maupertuis Figure de la Terre p. 180). Nach diesen Pendellängen ergiebt sich die Höhe, durch welche ein schwerer Körper in einer Secunde herunterfällt, in Paris 15,097; in St. Domingo 15,057 und zu Pello in Lappland 15,118 pariser Fuß. Herr Leonh. Euler bedienet sich in seiner Mechanik T. 1. §. 223 der vom Hugenius gefundenen Höhe von 15,0976 pariser Fuß, welche derselbe in rheinländische Fuß verwandelt. L.)

Fünftes Kapitel.

Von dem Zusammenhange und den besondern Attractionen.

30. Der Zusammenhang ist diejenige Eigenschaft, vermöge welcher die Körper oder ihre Theile an einander kleben.

Die Attraction, welche die Körper oder die Massen gegen andere ausüben, bestehet in der Summe der Attractionen aller ihrer Theile. Wenn dahero eine anziehende Kraft in allen angenommenen Entfernungen gleiche Würkung hätte, so würden die Massen nach demselben Gesetze einander anziehen, nach welchem die Theilchen, aus denen sie bestehen, würken. Da aber dieses nicht statt findet, so hat man die größte Ursache, auf die verschiedenen Würkungen der Attractionen der kleinen Theile selbst und des aus solchen zusammengesezten Ganzen aufmerksam zu seyn.

31. Es ist erwiesen, daß wenn die Kräfte, vermöge welcher die Theile der Körper sich einander nähern, nach dem Verhältnisse der Quadrate ihrer Entfernungen abnehmen, die anziehende Kraft zweener ähnlichen, aus solchen Theilen zusammengesezter Körper von demselben Gesetze abhängen werde, wenn das Verhältniß nach den Entfernungen ihrer Mittelpuncte angegeben worden ist; und daß die Kraft dahero nicht viel größer seyn werde, wenn die Körper in Berührung als wenn sie ein wenig von einander entfernet sind. Wenn aber die erst erwähnten Kräfte nach dem Verhältnisse der Cubikzahlen ihrer Entfernungen oder nach einem größern Verhältnisse abnehmen; so wird sich die leztere nach einem größern Verhältnisse vermindern, und die Körper werden sich einander viel stärker anziehen, wenn sie sich einander berühren, als wenn sie unter der kleinsten Entfernung von einander abgesondert sind.

Die erste dieser Attractionen ist die Schwere, und die leztere scheinet die anziehende Kraft des Zusammenhanges

zu seyn; denn ihre Würksamkeit ist viel geringer bey der kleinsten Entfernung, als an dem Orte der Berührung. Aus diesem Gesetze hat man verschiedene Schlüsse gezogen, welche man mit den Phänomenen dieser Art der Attraction sehr übereinstimmend gefunden hat, nämlich:

32. Diejenigen Theile, welche große Berührungsflächen haben, hängen fester an einander und machen die Körper aus, welche **hart** genennet werden.

Diejenigen Theile, welche einander in wenig Puncten berühren, machen die Körper aus, welche man **weich** oder **flüssig** nennet, nachdem die Kraft, mit welcher ihre Theile aneinanderhängen, größer oder geringer ist.

33. Und hieraus läßt sich die **Elasticität** einiger Körper auf eine wahrscheinliche Art erklären: denn sie scheinet von einer anziehenden Kraft abzuhängen, welche die Theile in ihre erste Lage zurück bringt, wenn sie durch einen äußern Druck sich in einer sehr kleinen Entfernung von einander entfernet haben. Jedoch bleibt in Ansehung dieser sehr würksamen Naturkraft vieles dem Fleise künftiger Naturforscher aufbehalten.

34. Vermöge dieser Kraft nehmen die Tropfen aller flüssigen Körper eine runde Gestalt an, und sehr ebene Metallplatten hängen mit einer bewunderungswürdigen Kraft an einander, welches aus dem Versuche erhellet, wenn man von zwo bleyernen Kugeln kleine Stücken abschneidet und die Flächen aneinanderdrückt; in diesem Falle wird bey einer Berührungsfläche, die nicht über den zwanzigsten Theil eines Quadratzolles beträgt, gemeiniglich eine Kraft von 100 Pfund erfodert, um sie von einander zu reißen.

35. Mittelst dieser Kraft geschiehet es auch, daß flüssige Körper in Brod, Schwamm und andere poröse Körper aufsteigen und in offnen Haarröhrchen *) in einer beträchtlichen Höhe über dem Wasserstand erhalten werden.

*) Die Haarröhrchen haben ihren Namen von der Feinheit der Oefnung, welche einem Haare gleich kömmt; jedoch ist

Wenn zwo ebene Glastafeln in der Linie AB (fig. 5) einander berühren, bey CD aber durch einen kleinen Körper K voneinander gehalten und in ein Gefäß EFGH voll Wasser gestellet werden; so wird das Wasser nach der Linie DIA, welche eine Hyperbel *) ist, in die Höhe steigen.

36. Man lasse zwo ebene Glastafeln ABCD (fig. 6) mit Pommeranzenöl **) schwach bestreichen, und lege sie so aufeinander, daß sie bey der Linie AB einander berühren, bey CD aber mittelst eines kleinen dazwischen gelegten Körpers getrennt sind. In dieser Lage bringe man sie in das horizontale Kästchen EFGH, und lasse den Theil CD auf dem Boden, den andern Theil bey AB auf einer senkrechten Schraube IK ruhen, welche man zu diesem Ende durch den Boden des Kästchens gehen lässet, damit man den Tafeln einen beliebigen Neigungswinkel geben könne. Wenn man sodann einen Tropfen des oben erwähnten Oeles in die Oefnung CD bringt; so wird er von den beyden Tafeln angezogen werden und mit einer beschleunigten Bewegung gegen AB fortgehen, im Fall die Tafeln horizontal liegen. Wenn man aber das Ende AB mit der Schraube unter einem beträchtlichen Winkel erhebt; so wird der Tropfen an einem Orte seines Weges zwischen CD und AB, wie z. B. bey N, hängen bleiben; und wenn man

dieses Aufsteigen auch in Röhren merklich, welche im Durchmesser $\frac{1}{4}$ Zoll halten. A. d. V.

*) Wenn wie hier AB auf DB senkrecht ist, so entstehet eine gleichseitige Hyperbel. Bey meinen Versuchen, um diese gleichseitige Hyperbel einigermaßen zu bestimmen, habe ich gefunden, daß

wenn der Winkel, den die Glastafeln einschließen,			die Potenz der Hyperbel betrage	
	48	Minuten	84	pariser Linien
1 Grad	11	—	72	—
1 —	35	—	50	—

Den Winkel habe ich durch Berechnung mittelst der Seite DB und der Dicke des Stückchen Messing K gefunden. L.

*) Weil dieses Oel eines von den leichtesten ist. Mit anderen Oelen läßt sich zwar dieser Versuch auch anstellen; jedoch laufen die Tropfen langsamer. L.

den Neigungswinkel noch größer macht, wird er gegen CD zurückkehren, weil sein Gewicht die Anziehungskraft der Tafeln überwiegt.

Da hier das Gewicht des Tropfens unverändert bleibt, so wird es nicht schwer seyn, sein Bestreben zur Rückkehr oder den Theil seines Gewichts zu finden, der ihn von der geneigten Ebene herunter treibt. Denn es verhält sich dieser Theil zu dem ganzen Gewichte, wie die Höhe der Ebene zu der Länge derselben, die er nachhero durchläuft. Weil nun die beyden Kräfte, nämlich die Anziehungskraft, vermöge welcher der Tropfen aufwärts strebet, und der Theil des Gewichtes, welcher ihn nach der entgegengesezten Richtung treibt, gleich sind, wenn er hängen bleibt; so wird das Maas oder die Größe der einen das Maas oder die Größe der andern ausdrücken. Auf diese Art ist es leicht, die anziehende Kraft zu bestimmen, welche nach dem umgewendeten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen der Mitte des Tropfens von dem Ende, wo sich die Tafeln berühren, zuzunehmen scheinet. Sie ist nämlich in einem einfachen umgewendeten Verhältnisse, weil die Fläche des Tropfens erweitert und der ermeldete Raum enger wird, und noch einmal in einem einfachen umgewendeten Verhältnisse, weil die Attraction wächst, je mehr sich die Tafeln einander nähern.

37. Die anziehende Kraft des Zusammenhanges erstreckt sich auf eine äußerst kleine Entfernung der Körper, und wo diese Kraft aufhöret, fängt sich das Abstoßen an, wovon wir einige Beweise beyfügen wollen.

Alle harte Körper erfodern eine beträchtliche Kraft, damit man sie in Berührung bringe; wie bey Zusammendrückung eines converen Glases mit einem Planglase *)

*) Bey dem Zusammendrücken dergleichen Gläser entstehet nach der Größe des Drucks, entweder ein kleinerer oder größerer Kreis, in welchem beyde Gläser ein Ganzes auszumachen scheinen. Diese Verschiedenheit des Kreises würde jedoch nicht entstehen, wenn die Gläser vollkommen hart und

wobey nach Verhältniß der verschiedenen Stärke des Drucks verschiedene Abänderungen in dem eigentlichen Puncte der (vermuthlichen) Berührung vorkommen; wie auch bey dem Durchgang der electrischen Materie durch metallene Ketten erhellet. Wovon unten mehreres gesagt werden wird.

Wenn es in ein Faß voll Wasser regnet, wird man öfters kleine Wassertropfen auf der Wasserfläche nach allen Richtungen hinlaufen sehen, die sich in einigen Secunden nicht mit dem übrigen Wasser vermischen *).

Daher kömmt es ebenfalls, daß Körper, die eigenthümlich leichter als Wasser sind, auf der Wasserfläche zu schwimmen pflegen; denn wenn durch ihre Zurückstoßung eine Menge Wasser aus der Stelle getrieben worden, welche dem festen Körper im Gewichte gleich ist; so wird er nicht untersinken.

nicht elastisch wären, da beyde Glasflächen etwas eingedrückt werden müssen. L.

*) Zu Erklärung dieser Beyspiele halte ich es nicht für nöthig eine abstoßende Kraft anzunehmen; sie scheinen mir blos zu beweisen, daß die anziehende Kraft ausserordentlich klein sey. Das convexe Glas berühret das Planglas nur in einem Puncte; es kann also auch die Anziehung nicht anders, als ohnmerklich seyn. Wenn sich hingegen Glasstücken in vielen Puncten berühren; so weiß man aus den Musschenbröckschen Versuchen, daß ein sehr großes Gewicht erfodert werde, sie auseinander zu reißen. Daß aber diese Gläser, nachdem man sie sehr zusammengedrückt, abspringen, ist wohl der Elasticität zuzuschreiben, zu deren Erklärung der Verfasser selbst keine besondere abstoßende Kraft annimmt. Das Ueberspringen der electrischen Materie, wenn sie durch Ketten gehet, ist vielmehr ein Beweis, daß sich die Glieder in zu wenig Puncten berühren, welche die Flüssigkeit nicht fassen können; als daß man daraus schlüßen sollte, sie berühren sich gar nicht oder stoßen einander ab. Ein Wasserkügelchen wird sich nicht eher mit dem Wasser vermischen, als bis die Bewegung langsamer geworden, und das Wasser des Kügelchens Zeit gewinnt, eine kleine Grundfläche zu bilden, wo die Anziehungskraft des Wassers alsdenn erst merklich wird. L.

Trockne Nehnadeln oder dünne Bleche schwimmen auf dem Wasser, und bilden Hölen von einer krummlinigten Gestalt, welche sich in einer beträchtlichen Weite um den Körper ausbreiten.

Es stelle ACB (fig. 7) den Querschnitt eines Gefäßes voll Wasser vor, auf dessen Oberfläche AB sich zwo runde Stanniolplatten befinden, auf deren jede ein kleiner Ring vom Vorhange oder ein anderer ähnlicher Körper, um ihr Gewicht zu vermehren und zu verursachen, daß sie tiefer untersinken, gelegt worden ist. Solchergestalt werden sie zwo Holungen bilden, die ohngefähr ein Zehntheil eines Zolles tief sind, und die sich auf einen halben Zoll von den Rändern der Platten erstrecken. Werden sie nun bis auf einen Zoll Entfernung einander genähert, so werden sie mit einer beschleunigten Bewegung gegeneinander fahren.

Es bleibe alles, wie im vorigen Versuche, und man setze zwey Stücke nasser Korkstöpsel D und E (fig. 8) von denselben Durchmessern hinein; so wird sich das Wasser indem es sich an ihren Rändern anhängt, eine auswärtsstehende Krümmung ohngefähr einen halben Zoll weit von ihrem Kreise bilden, und wenn sie bis auf ein Zoll einander genähert werden, wie vorhin gegen einander fahren.

Um diese Erscheinungen zu erklären, muß man sich erinnern, daß Würkung und Gegenwürkung einander gleich sind. Die Stanniolplatte würkt durch ihr Abstoßen auf das Wasser und verhindert, daß es die Holung nicht ausfüllet, das Wasser aber würkt vermöge seines Gewichtes der Platte entgegen; da nun die Gegenwürkung auf allen Seiten gleich ist, so entstehet keine Bewegung. Allein wenn die zwo Platten einander nahe genug gebracht werden, daß sich ihre zugehörigen Holungen vereinigen; so nimmt das Gewicht des Wassers zwischen denselben ab, die Gegenwürkung ist geringer, als die an den entgegengesezten Seiten der Kreisflächen, und folglich werden sie sich nach der Richtung des größern Druckes, nämlich gegen einander bewegen.

In dem andern Falle geschiehet die Gegenwürkung nach entgegengesezter Richtung, da sie anstatt einer abstoßenden Kraft zu widerstehen, einer Anziehungskraft entgegenwürkt, und da die Bewegung auf eine ähnliche gegenwürkende Art hervorgebracht wird, so ist der Erfolg in beyden Fällen einerley. Eine Niederdrückung des Wassers zwischen den zween Korkstöpseln würde verursachen, daß sie sich von einander entfernen; da aber in gegenwärtigem Falle die Menge des Wassers, indem es sich erhebt, zunimmt, so verursacht sie deren Näherung durch ihre Gegenwürkung, welche hier größer ist, als an den äußern Theilen der Kreise *).

38. **Besondere Attraction.** Diesen Ausdruck braucht man um solche Anziehungskräfte anzuzeigen, welche sich blos bey gewissen Körpern, oder unter gewissen Umständen bey Körpern befinden. So ziehet ein Magnetstein das Eisen an; ein Eisen ziehet das andere an, wenn ersteres mit einem Magnetstein verbunden ist; electrisirte Körper ziehen unter gewissen Umständen andre Körper an, und unter andern Umständen stoßen sie dieselben ab. Es läßt sich hoffen, daß man bey fleißiger Untersuchuug dieser Arten des

*) Wenn man eine blecherne Büchse oder einen andern schicklichen Körper, er mag trocken oder naß seyn, auf Wasser so schwimmen lässet, daß dessen Ränder hervorragen; so wird das Wasser von den Rändern angezogen werden und sich an denselben erheben. Wird hingegen die Büchse so lange mit kleinen Gewichten beschweret, bis die Ränder etwas unter die Wasserfläche fallen; so werden, wie bey den Stanniolplatten und Nehnadeln, die hervorragenden Ränder, so wie auch deren Anziehungskraft gleich o oder auch entgegengesezt seyn, und die größere Anziehung der Wassertheile gegeneinander wird diese Holung bilden. In diesem Falle oder dem ersten Versuche des Verfassers wird zwischen beyden Körpern die Wasserhöhe und der Druck geringer um dem entgegengesezten Drucke zu widerstehen, und sie fahren zusammen. In dem andern wird die Anziehung des zwischen beyden Körpern befindlichen Wassers größer, als an der entgegengesezten Seite; sie fahren dahero ebenfalls mit beschleunigter Bewegung zusammen. L.

Anziehens und Abstoßens die Ursachen der Schwere und die andern ursprünglichen Kräfte in der Welt entdecken werde.

Unterdessen aber muß man sich nicht einbilden, daß die Lehre von den verborgenen Ursachen wieder aufgelebet sey, weil die Naturforscher die Naturbegebenheiten durch eine Anziehung und ein Abstoßen erklären, indem sie bekennen, daß ihnen deren Ursache unbekannt sey. Es ist schon genug, daß dergleichen Kräfte würklich da sind. Daß Johann des Thomas Sohn ist, dieses ist nicht dieserwegen eine Unwahrheit, weil uns des Thomas Vater unbekannt ist. Auf eben die Art ist es nicht weniger wahr, daß die Schwere die Ursache des Herunterfallens schwerer Körper ist, ob uns gleich die Ursache der Schwere unbekannt ist. Wir müssen daher nicht alle Kenntnisse darum verwerfen, weil wir zur Vollkommenheit derselben nicht gelangen können.

Zweeter Abschnitt.

Von den Körpern in Bewegung.

39. Nachdem wir also von den allgemeinen Eigenschaften der Materie so kurz, als es die Beschaffenheit dieses Gegenstandes verstattete, gehandelt haben; wollen wir uns nun bemühen, die Effecte zu zeigen, welche aus obigen Grundsätzen herzuleiten sind.

Erstes Kapitel.

Von den mechanischen Potenzen *).

40. Wenn wir die Reihe von beseelten Wesen nach dem Range, in den wir gesezt sind, betrachten; so erhellet augenscheinlich, daß die Herrschaft, welche wir über das Ganze besitzen, nicht einer vorzüglichen Stärke

*) Oder einfachen Maschinen. L.

und körperlichen Kraft zugeschrieben werden könne. Viele Thiere übertreffen uns darin in jeder Rücksicht; allein die Weisheit des Allmächtigen hat uns dafür mehr als zu reichlich entschädiget. Dieser Verstand, welcher in schwacher Nachahmung des großen Urhebers den Kräften der Natur befiehlt, ist zu unendlich größern Unternehmungen geschickt, als die Kräfte der stärksten Thiere. Dem Daseyn des Menschen ist es zuzuschreiben, daß die meisten fruchtbaren Gegenden nicht das traurige Ansehen einer Wüste haben. Wo die Wissenschaften blühen, da ist die ganze Natur voll Leben; nach dem Maaße ihrer Vernachlässigung werden die Völker wild und das Ansehen der Dinge wird schlechter. Erfahrung und Vernunftgründe vereinigen sich, dieses zu beweisen. Ja, es scheinet nicht zu viel gesagt zu seyn, wenn man behauptet, daß der meiste erleuchtete Theil des menschlichen Geschlechtes mehr über den wilden Theil dieses Geschlechtes erhaben sey, als dieser leztere die obersten Classen unvernünftiger Thiere übertrifft. Dieser entscheidende Vorzug wird nirgends so sichtbar, als bey Anwendung der so genannten **mechanischen Potenzen.**

41. Man rechnet gewöhnlich sechs mechanische Potenzen, nämlich: den Hebel, das Rad an der Axe, die Rolle oder den Flaschenzug, die geneigte Ebene, den Keil und die Schraube.

Diese Werkzeuge betrachtet man mit verschiedenen an ihren Theilen angebrachten Gewichten, und leitet ihre Effecte aus den Gesezen der Bewegung her. Da sich nun jede Kraft mit dem Gewichte, welches sie erhalten kann, messen lässet; so wird das, was von den Gewichten erwiesen wird, ebenfalls von den Kräften gelten.

42. Es wird an diesem Orte nicht unschicklich seyn, den zweeten Saz des dritten Gesezes der Bewegung in Betreff der Zusammensezung und Zergliederung der Kräfte zu erläutern, und folgendes anzumerken: Wenn bey einer zusammengesezten Bewegung oder Kraft die Größe und Richtung der einen von diesen zusammensezenden Kräften

gegeben worden, so kann die Größe und Richtung der andern leicht gefunden werden.

Es ist bekannt, daß bey der zusammengesezten Bewegung *) oder Kraft AD (fig. 2) eine dieser zusammensezenden Kräfte in A nach der Richtung und Größe der Linie AB gewürkt hatte. Man ziehe BD und aus A die Linie AC, der Linie BD parallel und gleich; so wird AC die Richtung und Größe der andern zusammensezenden Kraft vorstellen. Denn es ist aus dem ersten Saze erwiesen, daß AD von diesen Kräften hervorgebracht wurde.

Wenn bey einer zusammengesezten Bewegung oder Kraft die Richtungen der zusammensetzenden Kräfte gegeben sind; so können ihre Größen leicht gefunden werden.

Bey der zusammengesezten Bewegung oder Kraft AD (fig. 2) ist bekannt, daß die eine dieser zusammensezenden Kräfte bey A nach der Richtung AB und die andere ebenfalls bey A nach der Richtung AC gewürkt habe. Man ziehe aus D mit AC parallel die Linie DB, welche AB in dem Puncte B schneidet. Nach der Richtung AC trage man aus A die Linie AC gleich DB; so werden AC und AB die Größen der Kräfte vorstellen. Denn es ist aus dem ersten Saze erwiesen, daß AD aus diesen Kräften entstehet.

Wenn endlich bey einer zusammengesezten Bewegung oder Kraft, deren Richtung bekannt ist, die Richtung und Größe einer dieser zusammensezenden Kräfte nebst der Richtung der andern gegeben worden, so kann die Größe der zusammengesezten Bewegung oder Kraft und die Größe der lezt erwähnten zusammensezenden Kraft leicht gefunden werden.

Die zusammengesezte Bewegung oder Kraft, welche nach der Richtung AD hervorgebracht wurde, erhielt bey

*) Hier und anderwärts wird die Würkung für die Ursache des kürzern Ausdruckes wegen gesetzt. Genau genommen sollte es heißen: bey der zusammengesezten Bewegung, welche in einer gegebenen Zeit durch die Linie oder den Raum AD gleichförmig fortgesezt wird u, s. w. A. d. V.

ihrem Anfange oder ihrer Entstehung einen Stoß nach der Richtung und Größe AB in demselben Augenblicke, wo eine andere Kraft nach der Richtung AC würkte. Man ziehe aus B mit AC parallel die Linie BD, welche AD in dem Puncte D schneidet, und mache AC gleich BD; so wird AC die Größe der zusammensezenden Kraft, welche nach der Richtung AC gewürkt hat, und AD die Größe der zusammengesezten Bewegung oder Kraft nach der Richtung AD vorstellen. Denn es erhellet aus dem ersten Saze, daß die Bewegung oder Kraft AD von diesen Kräften hervorgebracht wird.

Daß aber keine andere Größe oder Richtung einer Kraft unter diesen Umständen die Bewegung AD hervorbringen werde, kann auf folgende Art erwiesen werden.

Bey der zusammengesezten Bewegung oder Kraft AD sey die Größe und Richtung AB einer dieser zusammensezenden Kräfte gegeben, und man habe gefunden, daß die andere zusammensezende Kraft die Größe und Richtung AC habe. Ich behaupte nun, daß keine andere Größe und Richtung einer Kraft in Verbindung mit AB die Bewegung oder Kraft AD hervorbringen werde. Denn man seze, AE stelle eine Kraft vor, welche nicht mit AC zusammenfalle, und ziehe mit ihr BF parallel, so wird DF gleich CE seyn. Es wird sich aber ein mit den Kräften AB und AE bewegter Körper am Ende der Bewegung in F befinden. Da er sich nun nach der Voraussezung in dem Puncte D befinden soll; so ist diese Annahme falsch.

Auf eben diese Art läßt sich dieses von jeder andern angenommenen Kraft beweisen, und man hat nach dieser Art zu schlüßen in den andern izt erwähnten Fällen die Schlüsse überzeugend und richtig gefunden. Da hiernächst AC allezeit der Linie BD parallel und gleich ist; so kann BD in allen Fällen die Größe und Richtung der Kraft AC vorstellen.

Nachdem wir nun dieses mit Aufmerksamkeit durchgegangen haben; wird es nicht schwer seyn, die Effecte der mechanischen Potenzen in jeder möglichen Lage zu erklären.

Zweytes Kapitel.

Von dem Hebel.

43. Der Hebel ist eine bewegliche (unbiegsame L.) Linie, an welcher drey Kräfte würken, wovon die mittelste eine entgegengesezte Richtung in Ansehung der andern beyden hat.

Eine von diesen Kräften wird von dem Widerstand eines festen Körpers hervorgebracht, welcher die Unterlage genennet wird.

Es stelle AC (fig. 9. α) einen horizontalen Hebel vor. In dem Puncte B, der von A und C gleich weit entfernet ist, befinde sich die Unterlage D, und an den äußersten Puncten A und C hängen die gleichen Gewichte E und F; so wird der Hebel in Ruhe und die Gewichte E und F im Gleichgewichte seyn. Denn die Kräfte, mit welchen sie eine Bewegung hervorzubringen streben, sind gleich und nach vollkommen entgegengesezten Richtungen, nämlich nach den Tangenten des Kreises, in welchem sich die äußersten Puncte bewegen würden, angebracht.

Eben so einleuchtend ist es, daß wenn die Halbmesser AB und BC nicht in gerader Linie liegen, die gleichen Kräfte immer noch im Gleichgewichte seyn werden, im Fall sie nach der Richtung der Tangenten angebracht sind. Wenn also BC in die Lage Bc gebracht und die Kraft F hier nach der Richtung cf angewendet wird: so bleiben sie wie vorhin im Gleichgewichte.

Wenn zwo entgegengesezte Kräfte an einem Hebel in ungleichen Entfernungen von der Unterlage angebracht sind; so werden sie sich im Gleichgewichte befinden, wenn

sich die Kräfte umgewendet wie ihre Entfernungen verhalten.

Es sey AC (fig. 10) ein Hebel, wo der Arm AB dreymal so groß als BC ist. In A sey das Gewicht E von einem Pfunde und in C das Gewicht F von drey Pfunden angehängt. Es sollen also diese Gewichte im Gleichgewichte seyn. Mit dem Arme BA beschreibe man den Bogen Ac, welcher CF in c durchschneidet. Man ziehe Bc, so kann die Kraft F so betrachtet werden, als ob sie bey c an dem Arme Bc würkte. Es stelle AG die Kraft E vor, so wird die Linie cF, weil sie dreymal so lang ist, die Kraft F bezeichnen können. Diese Kraft cF kann in zwo andern, in cI nach der Richtung Bc und in cH nach der Richtung der Tangente zerlegt werden, deren Größe von den Linien FH und FI bestimmt wird. Nun hat cI auf die Bewegung des Armes Bc keinen Einfluß: sondern blos die Kraft cH strebt gegen H eine Bewegung hervorzubringen. Es sind aber die Triangel BCc und cHF einander ähnlich und dahero Bc: BC = cF: cH. Da nun Bc: BC = 3 : 1 ist; so wird cH = $\frac{1}{3}$ cF seyn, wie ebenfalls AG angenommen worden. Folglich ist Hc = AG und das Gleichgewicht wird erfolgen; welches bewiesen werden sollte. Eben diese Schlüsse gelten noch, wenn die Gewichte ein anderes Verhältniß gegen einander haben und die Aerme des Hebels AB und BC sich in demselben, jedoch umgewendeten Verhältnisse befinden.

Aus der Zergliederung der Kraft erhellet, daß wenn an einem geradlinigten Hebel zwo entgegengesezte Kräfte unter solchen Entfernungen von dem Ruhepuncte, die sich umgewendet wie diese Kräfte verhalten, und nach solchen Richtungen, welche allezeit unter sich parallel sind, angebracht werden, der Hebel bey einer jeden Lage in Ruhe bleiben werde.

Denn man zergliedere die Kräfte AE und CF (fig. 11): AE in AG und GE, und CF in CH und HF; so werden die Kräfte, welche eine Bewegung hervorzubringen streben, sich unter allen Lagen in dem Verhältnisse der ange-

brachten Kräfte befinden; es wird nämlich AE: CF = AG: CH seyn, weil die Triangel AGE und CHF einander ähnlich sind,

Von den Hebeln, deren Arme gebogen sind, (oder den Winkelhebeln, L.) lassen sich viele angenehme und nüzliche Anwendungen machen; es verstatten uns aber die Grenzen dieser Schrift nicht, daß wir uns darauf einlassen.

44. Alles, was bisher von dem Hebel gesagt worden, ist, wie leicht erhellet, ebenfalls wahr, wenn die entgegengesezten Kräfte auf einer Seite der Unterlage angebracht sind.

Wenn bey dem Hebel AB (fig. 12) das in A angehängte Gewicht E ein Pfund und das in C angebrachte Gewicht F drey Pfund wiegt, und ihre Entfernungen AB und CB von der Unterlage B sich wie drey zu eins verhalten, so werden sie im Gleichgewichte seyn. Welches erwiesen wird, wenn man die bey fig. 10 gebrauchten Schlüsse auf gegenwärtige Figur anwendet.

Weil von den drey Kräften, welche an dem Hebel würken die zwo äußersten Kräfte allezeit eine Richtung haben, die der Richtung der mittlern Kraft entgegengesezt ist: so wird diese leztere Kraft den Würkungen der beyden andern Kräfte zu widerstehen haben. Oder mit andern Worten, wenn die Unterlage zwischen den Gewichten befindlich ist, so wird sie ihnen entgegenwürken und die Summe ihrer Gewichte tragen; wenn sich aber die Gewichte auf einer Seite der Unterlage befinden, so wird sie nur von ihrem Unterschiede gedrückt werden.

45. (Wenn sich die Unterlage zwischen den Gewichten befindet, so ist der Hebel von der **ersten Art**, ein **doppelarmigter, zwoseitiger Hebel**; wenn sich hingegen die Kräfte oder Gewichte auf einer Seite der Unterlage befinden, so heißt der Hebel ein Hebel der **andern Art**, ein **einarmigter, einseitiger Hebel**. Diese angezeigten Würkungen der Kräfte an dem Hebel lassen sich nach dem

Vortrage des Herrn Hofrath Kästners mit mehrerer Deutlichkeit und Ueberzeugung darthun.

Wenn wie in fig. 9. α die Gewichte und deren Entfernungen von der Unterlage gleich sind; so ist auf beyden Seiten alles gleich und keine Ursache vorhanden, warum eines von den Gewichten sinken sollte; sie heben sich einander auf und sind im Gleichgewichte.

Die Unterlage hat beyde Gewichte zu tragen. Wenn dahero in B eine Kraft aufwärts zöge, welche $= E + F = 2F$ wäre; so würde der Hebel nicht sinken können und alles in Ruhe seyn. Dieses Gleichgewicht wird unverändert bleiben, wenn das Gewicht E weggenommen und der Punct A wie in fig. 9. β. so befestiget wird, daß sich der Hebel zwar um den Punct A drehen aber nicht verrücken kann. Der Hebel ABC ist einarmigt, und die Unterlage bey A wird dem Unterschiede der beyden Gewichte, nämlich $2F - F = E$ zu widerstehen haben.

Wenn man diesen einarmigten Hebel um das Stück $AH = AB$ verlängert und in H das Gewicht $G = 2F$ anhängt; so wird das Gewicht G eben so viel herunterziehen als das Gewicht 2 F in die Höhe ziehet; es wird also die Stelle des Gewichtes 2 F vollkommen vertreten können, und wird eben so wie jenes mit dem Gewichte F im Gleichgewichte seyn. Es ist aber hier $G : F = 2F : F = 2 : 1$ und $AC : AH = 2 : 1$; also auch $G : F = AC : AH$.

Durch Fortsetzung dieses Verfahrens findet man ebenfalls, daß ein dreyfaches Gewicht an dem einfachen Arme mit dem einfachen Gewichte an einem dreymal so langen Arme im Gleichgewichte seyn werde, und daß überhaupt die Producte der Gewichte in ihre Entfernungen oder die statischen Momente gleich sind. L.)

46. Nach den Grundsätzen des Hebels verfertiget man die Wagen, wodurch man die Größe und Menge verschiedener Arten von Körpern bestimmt; die Schnellwage, welche zu eben der Absicht dienet, und wo ein einziges Gewicht auf einem mit Abtheilungen versehenen Arme von dem Ruhepuncte weiter abgerückt oder ihm genähert wird,

nachdem der abzuwiegende Körper schwerer oder leichter ist; und die gebogene Wage, wo mittelst der Bewegung eines festgemachten Gewichtes, dessen Kraft mit der zunehmenden Höhe in dem Kreisbogen wächst, die Größe des Gegengewichtes bestimmt wird. ABC (fig. 13.) ist eine gebogene Wage, deren Axe oder Ruhepunct B von dem Stative IH unterstüzt wird. In A ist die Schale E angehängt, und bey C ein Gewicht befestigt. Man ziehe durch den Ruhepunct die Horizontallinie KG und errichte auf ihr aus A und C die senkrechten Linien AK und CD. Wenn sich nun BK und BD umgewendet wie die Gewichte bey A und C verhalten, so werden sie im Gleichgewichte seyn; wo aber nicht, so wird sich das Gewicht C in dem Bogen FG so lange bewegen, bis dieses Verhältniß erreicht worden ist. Die Eintheilung des Bogens FG läßt sich leicht so bestimmen, daß das Gewicht in E aus dem Orte des Gewichtes C bekannt wird.

Nach diesen Gesetzen richten sich auch die Bewegungen der Thiere, das Fortwälzen und Heben großer Lasten mittelst eines eisernen Hebels, den man den Geißfuß nennt, die Würkung der Nußknacker, der Zangen und vieler andern Werkzeuge dieser Art.

Drittes Kapitel.

Von dem Rade an der Axe, der Rolle und dem Flaschenzuge.

47. Das Rad an der Axe kann als ein Hebel betrachtet werden, wo eine Kraft an dem Umkreise der Welle und die andere an dem Umkreise des Rades angebracht ist, und die Linie, welche durch die Mitte der Welle gehet, für den Ruhepunct angesehen werden kann. Fig. 14 ist eine perspectivische Zeichnung dieses Werkzeuges und fig. 15. ist ein mit der Welle senkrechter Durchschnitt desselben. Wenn sich nun der Halbmesser der Welle AB zu dem Halbmesser des Rades BC umgewendet wie die

Kraft E zu der Kraft F, wovon die erstere nach der Richtung der Tangente der Welle und die andere nach der Richtung der Tangente des Rades angebracht ist, verhält; so werden sie im Gleichgewichte seyn. Denn es kann AC als ein Hebel angesehen werden, dessen Ruhepunct in B ist, und wo die in den Puncten A und C angebrachten Kräfte sich mit ihren Entfernungen in einem umgewendeten Verhältnisse befinden.

Zu dieser Potenz kann man die Haspel und den Krahn, wodurch Lasten gehoben werden, die Kurbel und Welle, um aus Brunnen Wasser zu ziehen und sehr viele andere Maschinen, die sich nach demselben Gesetze richten, rechnen.

48. Die Rolle wird ebenfalls aus dem Hebel erklärt. Die Linie AC (fig. 16) kann als ein Hebel betrachtet werden, dessen Aerme AB und BC von dem Ruhepuncte B gleichweit entfernet sind. Es werden dahero die zwo gleichen Kräfte E und F (da sie nach den Richtungen der Tangenten des Kreises, in welchem sich dessen äußerste Puncte bewegen, angebracht sind) im Gleichgewichte seyn; und der Ruhepunct B wird beyde Kräfte tragen.

Es befinde sich aber wie in fig. 17 der Ruhepunct in C; so wird eine gegebene Kraft in E eine noch einmal so große Kraft in F im Gleichgewichte erhalten; denn sie verhalten sich umgewendet, wie ihre Entfernungen von dem Ruhepuncte. Hieraus erhellet, daß wenn man E als die Kraft und F als die aufzuhebende Last betrachtet, man nichts an der Kraft gewinne, wenn die Rolle wie in fig. 16. eingerichtet ist; daß man aber mit ihr noch einmal so viel bewürken werde, wenn sich die Rolle mit dem Gewichte wie in fig. 17. bewegt.

49. Die Verbindung mehrerer Rollen wird ein **Flaschenzug** genennet, und die Büchse, welche eine oder mehrere Rollen enthält heißt die **Flasche**.

ADB (fig. 18) ist ein Flaschenzug, der aus vier Rollen bestehet; deren zwo in der Flasche A und die andern in der Flasche B, welche das Gewicht F ziehet, befestiget sind. Da nun das Seil durchgängig gleichförmig ge-

spannt ist, so wird eine jede der untern Rolle einen gleichen Theil der Last tragen; und da man bey jeder Rolle, die sich mit dem Gewichte bewegt, noch einmal so viel an der Kraft gewinnet, so wird die Kraft, welche F aufhebt, der Hälfte des Gewichtes durch die Anzahl der untern Rollen dividirt gleich seyn. Wie sich nämlich die doppelte Anzahl der untern Rollen zu 1 verhält, so verhält sich das aufgehobene Gewicht zu der hebenden Kraft.

Wenn aber das Ende C (fig. 19) an der untern Flasche befestiget ist, so wird um die Hälfte einer Rolle mehr gehoben werden; es wird dahero folgendes Verhältniß, wie sich die um 1 vermehrte doppelte Anzahl der untern Rollen zu 1 verhält, so verhält sich das aufgehobene Gewicht zur Kraft, statt finden *).

50. Diese Schlüsse hängen von der gleichen Spannung des Seiles ab, und gelten dahero blos wenn die Flasche von einem einzigen Seile gezogen wird. Bey der Anordnung der Rollen fig. 20 nimmt die Kraft in einer geometrischen Reihe zu, deren Exponent 2, und deren Aszahl der Glieder der Anzahl der Rollen gleich ist. Wenn also eine Kraft bey A angebracht wird, so wird sie die Hälfte des Gewichtes F; bey B, $\frac{1}{4}$; bey C, $\frac{1}{8}$ und bey D, $\frac{1}{16}$ des Gewichtes zu tragen haben. Die Ursache hiervon erhellet aus dem, was wir gesagt haben.

51. Es ist leicht einzusehen, daß bey Zusammensetzung der Kräfte die hervorgebrachte Kraft kleiner, als die Summe der Kräfte sey; da AD (fig. 2) allezeit kürzer, als die Summe von AC und AB ist. Dahingegen gewinnt man bey Zergliederung einer Kraft an der hervorgebrachten Kraft, welches aus folgendem Beyspiele erhellet.

Die Schnur EACBF (fig. 21) gehe über die Rollen A und B und unter der Rolle C weg. An E und F sind

*) Im ersten Falle verhält sich hier die Kraft zur Last wie 1 : 4, und in dem andern wie 1 : 5. In beyden Fällen verhält sich überhaupt die Kraft zur Last wie 1 zu der Anzahl der an der untern Flasche befindlichen Seile. L.

gleiche Gewichte angehängt, deren Würkungen auf C durch die gleich großen Linien CI und CH vorgestellet werden können. Diese Kräfte werden in CD zusammengesezt, welche Linie die Kraft ausdrückt, mit welcher die beyden Gewichte E und F den Punct C senkrecht in die Höhe bewegen würden, und welche kürzer, als die Summe von CI und CH ist. Wenn also in C ein Gewicht angehängt wird, welches in eben diesem Verhältnisse leichter ist, als die Summe der beyden Gewichte E und F, so werden sie sich einander aufheben und im Gleichgewichte seyn. Wenn wir dahero E und F als Kräfte betrachten, welche bey der Zusammensetzung die Kraft G hervorbringen, so entstehet ein Verlust der Kraft; und wenn hingegen G als die Kraft angesehen wird, welche bey der Zergliederung die Kräfte E und F erzeugt, so gewinnt man an der hervorgebrachten Kraft.

Die Größe dieser Zu- oder Abnahme ist auf folgende Art leicht zu bestimmen. Man läßt aus I die Linie IK auf CD senkrecht fallen, so wird CK die Hälfte von CD seyn. IC ist die Hälfte der Summe IC und CH. Nun verhält sich diese Summe zu CD, wie die Summe der Gewichte E und F zu dem Gewichte G (denn sie drücken die Kräfte dieser Gewichte aus) und wie IC zu CK. Es ist aber IC die Secante des Winkels, den die Schnur AC und die senkrechte Linie CD einschließen, wenn CK der Halbmesser ist. Es wird sich dahero die Summe der Gewichte E und F zu dem Gewichte G wie die Secante des Winkels, den eine von den Schnuren mit der senkrechten Linie einschließet, zu dem Halbmesser verhalten.

Die Rolle und der Flaschenzug sind von so allgemeinem Nutzen, daß es unnöthig seyn würde, einige besondere Anwendungen aufzuzeichnen.

Viertes Kapitel.

Von der geneigten Ebene und dem Keile.

52. Die geneigte Ebene kömmt in ihren Würkungen mit dem Hebel sehr nahe überein. Es sey AB (fig. 22) eine horizontale Ebene, auf welcher das Gewicht E liegt, und ED stelle die Kraft vor, mit welcher dieses Gewicht sie drückt. So kann man sich unter AB einen Hebelarm vorstellen, dessen Ruhepunct in A ist. Es bewege sich dieser Hebel an seinem Ruhepuncte von B nach C; so wird sich das Gewicht E in e befinden und mit der Kraft ed, welche der Kraft ED gleich und parallel ist, auf die Ebene AC unter schiefer Richtung würken. Man zerlege ed in eb und bd; so wird die Kraft eb von der Gegenwürkung der Ebene vernichtet, mit der andern Kraft bd aber wird das Gewicht mit beschleunigter Bewegung gegen A lauffen. Hieraus kann man sehen, daß die geneigte Ebene gegen e wie ein Hebel würkt; die vernichtete Kraft ist diejenige, welche sie nach der Richtung der Tangente auf die Linie der Bewegung ausübt und die würkende Kraft bey diesem Instrumente ist die Kraft, welche bey dem Hebel als unwürksam bey Seite gesezt wurde. Die Kraft, mit welcher ein Gewicht auf einer geneigten Ebene nach der Richtung der Ebene abwärts strebt, verhält sich zu dem Gewichte selbst wie bd zu de, oder wie eF zu Ae (weil die Triangel bed und FeA einander ähnlich sind); oder wie die Höhe zu der Länge der Ebene. Da sich aber eF zu Ae wie der Sinus des Neigungswinkels, den die geneigte Ebene mit dem Horizont einschließt, zu dem Halbmesser verhält; so wird die Kraft, welche nach der Richtung der Ebene herunterwärts strebt, sich zu dem Gewichte verhalten, wie ermeldeter Sinus zu dem Halbmesser. Wenn dahero der Neigungswinkel und das Gewicht bekannt ist, so kann das Bestreben desselben nach der Richtung der Ebene gefunden werden. Dieses Instrument ist in dieser einfachen Gestalt nicht sehr gebräuchlich.

Wenn man die Kraft zu bestimmen verlangt, welche nach der Richtung ep mit AB (fig. 23) parallel das Gewicht e in Ruhe erhält; so mache man em gleich bd, welche die Kraft oder das Bestreben nach der Ebene vorstellt, und nach der entgegengesezten Seite trage man en von gleicher Größe, welche die Kraft vorstellen wird, die um das Gewicht zu erhalten nach entgegengesezter Richtung angebracht werden muß. Man ziehe np senkrecht auf AC und ep mit AB parallel, welche von np in p durchschnitten wird, so wird ep die gesuchte Kraft seyn; denn sie ist aus en und np zusammengesezt; np ist auf der Richtung der Bewegung senkrecht und hat auf e keine Würkung. Man ziehe pd, so verhält sich die zulezt gefundene Kraft zu dem ganzen Gewichte e wie pe zu ed oder wie eF: FA, oder wie die senkrechte Höhe zu der horizontalen Grundfläche; denn die Triangel ped und eAF sind einander ähnlich. Und weil die wechselsweisen Würkungen der Körper gegeneinander nicht von ihrer absoluten sondern relativen Bewegung abhängen; so erhellet, daß dieselbe Kraft ep, welche e auf der unbeweglichen geneigten Ebene CAB erhält, von der entgegengesezten Seite angebracht, das Bestreben, mit welchem ermeldeter Körper die Ebene von e gegen p zu drücken sich bemühet, unterhalten werde; wenn die Ebene nach der Richtung der Grundfläche AB als beweglich angenommen und der Körper e durch Anbringung eines Hindernisses qr aufgehalten wird.

53. Der **Keil** bestehet aus zwo geneigten Ebenen, die an ihrer gemeinschaftlichen Grundfläche nach der Richtung der würkenden Kraft mit einander verbunden sind.

Es stelle ABC (fig. 24) einen Keil vor, dessen Schärfe A zwischen zween Körpern D und E eingeklemmt ist, die in dieser Lage befestiget sind und einer gewissen Kraft, welche sie zu trennen sich bestrebt, widerstehen. Dieser Widerstand ist eben so, wie das Gewicht bey der geneigten Ebene, senkrecht auf der Grundfläche AF, und der Druck oder die zu Ueberwindung desselben erwählte Kraft, wird, wie vorhin bemerkt worden, nach der Richtung dieser Grund-

fläche angewendet. Es wird dahero vermöge der Eigenschaft der geneigten Ebene die Kraft, welche erfodert wird, um eine Hälfte CFA des Keiles mit dem Drucke des Körpers D im Gleichgewichte zu erhalten, sich zu dem Drucke wie CF zu FA verhalten. Da aber der Druck an der andern Hälfte eben so groß ist; so wird zu Erhaltung des Gleichgewichtes eine noch einmal so große Kraft erfodert, welche sich nämlich zu dem Widerstande wie CB zu FA verhält. Oder es verhält sich überhaupt die Kraft zu dem Widerstande in D und E, wie die Breite des Rückens CB eines gleichschenklichten Keiles ACB zu dessen Höhe *).

Dieses Werkzeug wird gemeiniglich bey dem Spalten des Holzes gebraucht und wurde ehemals bey den Maschinen zum Schlagen der Uhrplatten angewendet **). Die würkende Kraft ist gemeiniglich ein Hammerschlag, welcher viel würksamer als ein Gewicht oder ein Druck befunden wird. Diese Verschiedenheit läßt sich erklären, wenn man betrachtet, daß die durch den Schlag bewürkte zitternde Bewegung die sehr große Reibung an den Seiten beträchtlich vermindere.

Messer, Sägen und alle schneidende Werkzeuge würken als Keile.

Fünftes Kapitel.

Von der Schraube und den Maschinen überhaupt.

54. Die Schraube ist aus zween Theilen zusammengesetzt; der eine Theil davon wird die Schraube genennet und enthält eine spiralförmige Erhöhung, welche

*) Dieses Verhältniß haben Des Cartes, Wallisius und Dechales angenommen. Mersennus findet unter derselben Voraussetzung, daß sich die Kraft zu dem Widerstande, wie der halbe Rücken zur Höhe verhalte, und des Borelli Verhältniß ist, wie der halbe Rücken zur Seitenlinie, unter der Voraussetzung, daß der Keil den Spalt ausfüllet. Mehrern Unterricht davon findet man in der Statik des Herrn Hofrath Karsten. L.

**) Auch in den Oelmühlen, zum Auspressen des Oeles. L.

der Schraubengang (auch Gewinde L.) heißt und die um einen Cylinder (die Spindel genannt L.) so herumgewickelt oder herumgewunden ist, daß ein jeder Umgang dem andern parallel läuft; der andere Theil heißt die Mutterschraube; sie ist nach dem Durchmesser der Spindel durchbohrt und in den innern Wänden sind spiralförmige Vertiefungen eingeschnitten, welche dienen, den Schraubengang aufzunehmen.

Es stelle AB (fig. 25) eine auf dem Horizont senkrechte Schraube und CD die Mutter vor. Wenn nun die Schraube unbeweglich ist, so kann die Mutter als ein Gewicht betrachtet werden, welches, indem es auf dem Gewinde fortrückt, gehoben wird, und mit dem Erfolge bey einer geneigten Ebene übereinkommt. Denn da der Schraubengang durchgängig unter einerley Winkel geneigt ist, so ist es in keiner Rücksicht von einem Gewichte auf einer geneigten Ebene unter derselben Länge und Höhe verschieden. Es wird dahero eine an der Mutter horizontal angebrachte Kraft sie erhalten, wenn sich diese Kraft zu dem ganzen Gewichte der Mutter wie die senkrechte Entfernung zweener nähesten Umgänge von einander zu dem Umkreise der Spindel verhält. Und eine nach der Richtung des Umganges der Schraube angebrachte Kraft wird dieses Gewicht erhalten, wenn sie sich zu dem Gewichte wie die senkrechte Entfernung zweener nähesten Umgänge zu der Länge eines ganzen Umganges um die Spindel verhält.

Diese Maschine wird nicht anders, als in Verbindung mit einem Hebel, wie DE, gebraucht, in welchem Falle die izt gefundenen Kräfte nach dem Verhältnisse, in welchem sich die Entfernung des Punctes E von der Axe der Bewegung und der Halbmesser der Spindel befinden, zunehmen.

Die Schraube wird sehr häufig zum Pressen der Körper, als des Papieres u. d. g. gebraucht und ist das vornehmste Werkzeug bey dem Prägen des Geldes.

55. Dieses mag als ein kurzer Unterricht von den Würkungen der Kräfte an den einfachen Maschinen genug

seyn. Es ist leicht einzusehen, daß wenn die Kräfte im Gleichgewichte sind und eine derselben ein wenig vergrößert wird, sie die andere überwiegen und deren Widerstand überwinden werde. Jedoch verursachen der Mangel an einer vollkommnen Glätte und Ebenheit der Theile bey allen Werkzeugen, und die Steifheit der Seile, welche mit ihrer Spannung wächst, ein großes Hinderniß in dieser Bewegung (die sogenannte Friction L.), und man hat gefunden, daß sie bey zusammengesezten Maschinen die Würkung der Kraft um ein Viertheil vermindern.

Da die Eigenschaften aller mechanischen Potenzen, wie wir gesehen haben, von den zu Anfange dieser Abhandlung zum Grunde gelegten Gesezen der Bewegung abhängen, und da bey jeden zwo Kräften das Bestreben zur Bewegung nach einer einander entgegengesezten Richtung geschahe; so wird folgende allgemeine Regel zu Findung des Verhältnisses der Kräfte, die an einer Maschine im Gleichgewichte sind, keines Beweises bedürfen.

56. Wenn zwo entgegengesezte Kräfte bey einer Maschine in gewissen Puncten nach der Richtung der Linien, in welchen sich diese Puncte vermöge der Einrichtung der Maschine bewegen würden, angebracht sind, und die Kräfte sich umgewendet wie die Räume, welche diese Puncte bey ihrer Bewegung in gleichen Zeiten beschreiben, verhalten; so werden diese Kräfte im Gleichgewichte seyn.

Man stelle sich unter den Kräften Gewichte vor; so kann man dieses folgendermasen kürzer ausdrücken. Wenn sich zwo Gewichte an einer Maschine umgewendet wie die senkrechten Räume verhalten, welche sie, wenn sie sich bewegen, beschreiben werden; so befinden sie sich im Gleichgewichte.

57. Hieraus kann man abnehmen, daß man bey allen Einrichtungen, wo man an der Kraft gewinnt, einen verhätnißmäßigen Verlust an der Zeit leiden werde. Wenn ein Mensch mittelst eines Flaschenzuges eben so viel Last aufheben kann, als zehen Leute ohne Hülfsmittel vermö-

gen; so wird er eine zehnmal längere Zeit damit zubringen. Es ist dahero nur Bequemlichkeit und keine würkliche Vergrößerung der Kraft *), welche uns die Mechanik verschafft. Folgendes Beyspiel wird zur Erläuterung dieses dienen.

Man seze, ein Mensch ziehe zehen Lasten, eine nach der andern, mit einem einzigen Seile in zehen Minuten auf das Dach eines Hauses, und man lasse ihm einen Flaschenzug mit fünf untern Rollen nehmen; so wird er alle zehen Lasten auf einmal eben so leicht, als vorhero eine Last gehoben wurde, aber in zehenmal so viel Zeit, das ist, in zehen Minuten in die Höhe ziehen. Es wird hier also dasselbe Werk in derselben Zeit verrichtet, man mag den Flaschenzug brauchen oder nicht; allein die Bequemlichkeit erfodert es, daß, im Fall alle zehen Lasten ein Ganzes ausmachen, sie mit dem Flaschenzuge aufgezogen werden, da die unmittelbare Kraft eines Menschen zu deren Bewegung unvermögend seyn kann.

Oder gesezt, ein Mensch schaffe anstatt der zehen Lasten zehen Gefäße voll Wasser in zehen Minuten aus dem Kielraume eines Schiffes, das Schiff sey leck und eine eben so große Menge Wasser dringe in derselben Zeit hinein. Man schlägt vor, daß er mittelst eines Flaschenzuges ein zehenmal so großes Wassergefäß heben solle. Er unternimmt es mit demselben, bringt aber hiermit eben so lange zu, als mit den zehen erstern, und ist dahero in dem lezten Falle eben so weit entfernet das Wasser zu gewinnen, als in dem ersten Falle.

Weil also kein würklicher Gewinst der Kraft durch Maschinenwerke erhalten wird, so hat man die größte Ur-

*) Nämlich des mechanischen Moments der Kraft; denn das Product aus der Kraft in ihre Geschwindigkeit ist dem Producte aus dem Widerstande in seine Geschwindigkeit gleich. Die Absicht der Mechanik gehet vornehmlich dahin, daß der verlangte Effect in der erfoderlichen Größe und Vollkommenheit mit einer gegebenen Kraft bey möglichster Ersparung der Zeit und Kosten hervorgebracht werde. L.

sache zu schlüßen, daß eine unaufhörliche Bewegung nicht hervorgebracht werden könne. Denn die Friction der Theile und der übrige Widerstand vernichtet bey allen Maschinen unaufhörlich einen Theil der bewegenden Kraft und macht endlich der Bewegung ein Ende.

Sechstes Kapitel.

Von dem Schwerpuncte.

58. Daß Würkung und Gegenwürkung in allen Fällen bey einer durch einen Stoß hervorgebrachten Bewegung gleich sind, ist hinlänglich erwiesen; und es wird ebenfalls erhellen, daß dieses Gesez bey den Bewegungen, welche von der Anziehungskraft hervorgebracht werden, statt finde.

Man nehme an, daß zween Körper A und B, die sich einander anziehen, durch ein Hinderniß von ihrer Berührung abgehalten werden. Wenn nun einer der beyden Körper, zum Beyspiel A, stärker gegen B gezogen werden sollte, als B gegen A; so würde der hindernde Körper von dem Drucke des Körpers A stärker als von B angegriffen werden und würde dahero nicht in Ruhe bleiben. Der stärkere Druck würde überwiegen und verursachen, daß die zween Körper zugleich mit dem hindernden Körper nach geradliniger Richtung gegen die Seite zu, wo sich B befindet, in eine unaufhörliche gleichförmig beschleunigte Bewegung fortgängen. Dieses wäre aber ungereimt und dem ersten Gesеze entgegen. Es müssen dahero diese Körper den hindernden Körper gleich stark drücken, und werden folglich voneinander gleichmäßig angezogen.

Aus eben diesem Grunde läßt sich erweisen, daß die Schwerkraft bey der Erde und ihren Theilen wechselseitig und gleich sey.

59. Es stelle AB (fig. 26) einen langen schwachen Körper von unbeträchtlicher Dicke vor, welcher von einem andern Körper nach der Richtung der kleinen Pfeile a, b, c, d

u. s. w. angezogen wird; so wird die Bewegung von AB in der Summe der Bewegungen aller der zwischen A und B befindlichen Theile bestehen. Man lasse ihn auf einem zugespizten Körper CD ruhen, so kann AB als ein Hebel, dessen Unterlage C ist, betrachtet werden. Wenn dahero C so gestellet worden ist, daß die Theile zwischen A und C sich in eben derselben Anzahl und Entfernung von dem Ruhepuncte befinden, als zwischen C und B; so wird der ganze Körper im Gleichgewichte seyn, indem er auf C ruhet, und dieser Punct wird der Schwerpunct genennt.

Da die Dicke von AB unbeträchtlich ist, so kann der Punct C als der Schwerpunct betrachtet werden; dieses verhält sich aber nicht so, wenn die Dicke merklich wird. Die obige Erklärung soll blos zeigen, daß wir die gänzliche anziehende Kraft eines Körpers in dessen Mittelpuncte (z. B. in dem Mittelpuncte der Erde) als vereinigt betrachten, nicht aber, daß wir eine würkliche Kraft oder gleichsam eine magische Kraft in dessen Mittelpuncte annehmen. So höret ebenfalls der Körper AB nicht blos darum sich zu bewegen auf, weil dessen Schwerpunct unterstüzt ist, als wenn sich die Ursache der Bewegung nur in diesem Mittelpuncte befände; sondern weil vermöge der Eigenschaft des Hebels die Kräfte auf der Seite CB den Kräften auf der Seite CA entgegenwürken und sie aufheben.

60. Den Schwerpunct kann man als einen solchen Punct erklären, um welchen herum alle Theile des Körpers oder der Körper im Gleichgewichte sind. Es wird dahero der Schwerpunct der beyden Körper A und B (fig. 27) ein solcher Punct C in der zwischen beyden Schwerpuncten gezogenen geraden Linie seyn, dessen Entfernungen von dem Schwerpuncte eines jeden Körpers sich umgewendet wie deren Massen verhalten; daß nämlich AC: CB = B: A ist. Und den Schwerpunct von drey Körpern, als A, B und E, wird man in D in der Linie CE finden, welche den Schwerpunct E mit dem Puncte C verbindet; wo sich CD zu DE umgewendet wie die Summe der Massen A und B zu der Masse E verhält. Denn es läßt sich leicht

erweisen, wenn man die Linien als Hebel annimmt, daß die Körper A und B über den Punct C, welcher als Unterlage betrachtet die Kräfte beyder unterstüzet, im Gleichgewichte seyn werden, und daß auch der Körper E mit der bey C unterstützten Kraft, wenn D der Ruhepunct ist, sich im Gleichgewichte befinden werde. Auf diese Art kann der Schwerpunct von einer Reihe von Körpern gefunden werden.

61. Der gemeinschaftliche Schwerpunct zweener oder mehrerer Körper wird seinen Zustand der Bewegung oder Ruhe bey den gegenseitigen Würkungen der Körper auf einander nicht verändern, und es ist dahero der gemeinschaftliche Schwerpunct aller Körper, die gegenseitig auf einander würken, entweder in Ruhe oder er bewegt sich gleichförmig in einer geraden Linie, die von außen sich ereignenden Würkungen und Hindernisse ausgenommen.

Wenn die Körper A und B auf einander würken, so wird die hervorgebrachte Bewegung bey einem jeden gleich seyn und das Verhältniß CA zu CB wird unverändert bleiben, sie mögen sich entweder nähern, oder von einander entfernen. Folglich wird der Zustand von C durch ihre gegenseitigen Würkungen nicht verändert. Wenn man den dritten Körper E diesen Körpern beyfügt, so wird der Mittelpunct D aus eben der Ursache in Ansehung des Zustandes der Bewegung oder Ruhe nicht verändert, E mag auf C würken oder nicht: und so bey einer jeden Anzahl Körper.

Wenn sich zween Körper gleichförmig nach geraden Linien bewegen, so wird ihr gemeinschaftlicher Schwerpunct entweder ruhen oder sich gleichförmig in gerader Linie bewegen; und dieses gilt ebenfalls von dem Schwerpuncte bey drey Körpern, denn der Schwerpunct von jeglichen zween Körpern kann als ein Körper betrachtet werden. Wenn dahero C und E in Bewegung sind, so wird der gemeinschaftliche Schwerpunct D entweder ruhen oder sich gleichförmig in gerader Linie bewegen. Auf diese Art läßt sich dieses bey einer jeden Anzahl Körper erweisen.

Weil also der Zustand des Schwerpunctes bey einer jeden Reihe von Körpern in Ansehung der Ruhe oder gleichförmigen geradlinigten Bewegung weder von den Bewegungen noch den gegenseitigen Würkungen der Körper, welche diese Reihe ausmachen, die von aussen sich ereignenden Würkungen und Hindernisse ausgenommen, verändert wird; so ist klar, daß dieses Gesez bey der Bewegung einer Menge Körper sich eben so, wie man es bey einem einzigen Körper wahrnimmt, verhalte. Denn die fortgesezte Bewegung eines einzigen Körpers oder einer Reihe derselben, muß aus der Bewegung des Schwerpunctes beurtheilet werden.

Daher kömmt es, daß der Schwerpunct der Erde von den Bewegungen auf ihrer Oberfläche oder die in ihrem Innern geschehen nicht gestöret wird. Wenn ein Körper, zum Beyspiel eine Kanonenkugel, aufwärts geworfen wird, so würkt die werfende Kraft auf die Erde zurück und verursacht bey ihr eine Bewegung nach der entgegengesezten Richtung; da aber diese Bewegungen gleich *) sind, so bleibt der Schwerpunct derselbe.

62. Die Bewegungen und Würkungen der Körper auf einander in einem Raume, der sich gleichförmig fortbewegt, werden eben so beschaffen seyn, als wenn dieser Raum in Ruhe wäre. Denn die Bewegungen und Würkungen der Körper auf einander hängen von ihrer relativen Bewegung ab; die Geschwindigkeit derselben ist die Summe ihrer absoluten Geschwindigkeiten, wenn sie sich nach entgegengesezten Richtungen bewegen, oder sie ist der Unterschied, wenn sie sich nach einerley Richtung bewegen. Und diese Summe oder dieser Unterschied wird nicht verändert, wenn allen den Körpern eine gleiche Ge-

*) Nicht die Geschwindigkeiten oder die beschriebenen Räume. Denn der von der Erde beschriebene Raum ist in dem Verhältnisse kleiner als der von dem geworfenen Körper durchlauffene Raum, nach welchem die Masse des geworfenen Körpers kleiner, als die Masse der Erde ist. A. d. V.

schwindigkeit nach einerley oder paralleler Richtung (wie im gegenwärtigen Falle) mitgetheilet wird; denn wenn sich zween Körper nach entgegengesezten Richtungen in einem gleichförmig fortgehenden Raume bewegen, so ist die Geschwindigkeit, welche demjenigen Körper zuwächst, mit dessen Bewegung die Bewegung *) des Raumes übereinkömmt, der Geschwindigkeit vollkommen gleich, die bey dem andern Körper, welcher sich mit dem Raume entgegengesezt bewegt, vernichtet wird; und wenn sich die Körper nach einerley Richtung bewegen, so wird bey beyden eine gleiche Geschwindigkeit hinzugefügt oder vernichtet, und der Unterschied bleibt ebenfalls unverändert. Dieses beweiset auch die tägliche Erfahrung; Bewegungen am Borde eines Schiffes, das unter Seegel ist, sind eben dieselben, als wenn das Schiff vor Anker läge; ausgenommen, in so fern sie von dem unregelmäsigen Anschlagen der Wellen, welche auf sie abwechselnd nach einer Richtung so viel als nach der andern würken, gestöret werden. Bey einer Flotte, die auf einerley Strohme seegelt, werden entweder die Schiffe die relative Lage behalten, oder sie werden sich einander nähern, oder von einander entfernen, als wenn kein solcher Strohm da wäre. Die Bewegungen der Körper auf der Oberfläche der Erde werden nicht anders von ihrer Umwälzung um die Axe geändert, als weil die Bewegungen nicht geradlinigt geschehen; obgleich die beträchtlichen Würkungen derselben nicht beträchtlich genug sind, um von jedem bemerkt zu werden.

Dieser Saz ist ebenfalls wahr, wenn die Bewegung des Raumes gleichförmig beschleunigt wird, oder welches

*) Da der Raum seiner Natur nach unbeweglich ist, so wird dieses Wort hier uneigentlich genommen; es erweckt aber einen deutlichern Begriff von diesem Satze, ob wir uns gleich keinen Begriff von Körpern machen können, die in einem Raume eingeschlossen von diesem Raume fortgeführet werden. Der hier erwähnte Raum ist blos in Gedanken befindlich, man kann ihn einen relativen nennen und als eine bewegliche Ausdehnung erklären. A. d. V.

einerley ist, wenn alle Körper immerfort von parallelen Kräften, welche gleichförmig auf jede derselben nach Verhältniß ihrer Massen würken, getrieben werden. Denn solche Kräfte werden verursachen, daß sich alle Körper mit einerley Beschleunigung bewegen und gleiche Räume nach einerley Richtung mit einander beschreiben. Sie werden dahero ihre relativen Bewegungen oder ihre Lagen nicht ändern.

Siebentes Kapitel.

Von der Bewegung eines Körpers, auf welchen eine Centripetalkraft würkt.

63. Wenn ein Körper bey A (fig. 28) mit einer gleichförmigen geradlinigten Bewegung nach K fortgehet, und man aus den gleich weit entfernten Puncten A, B, C, D, E u. s. w. in einen Punct L außer der Linie AK die Linien AL, BL u. s. w. ziehet; so sind die Flächen ALB, BLC, CLD, DLE u. s. w. einander gleich *).

64. Diese Flächen; welche in gleichen Zeiten beschrieben worden werden von einer **Centripetalkraft**, die auf den Körper A würkt und ihn gegen L treibt, nicht verändert. Man seze, der Körper A (fig. 29) beschreibe in gleichen Zeiten die gleichen Räume AB, BC, CD und folglich in Ansehung des Punctes L die gleichen Flächen ALB, BLC, CLD. Es werde bey D eine Centripetalkraft angebracht, welche den Körper D nöthigt den Raum Dd in eben der Zeit zu beschreiben, als er durch DE (welcher gleich DC ist) gehen würde. Man verzeichne das Parallelogramm DdeE, so wird sich der Körper am Ende der Zeit in e befinden; nachdem er die Diagonallinie De beschrieben hat. Alsdenn aber werden die Triangel DeL und DEL einander gleich seyn; denn sie stehen auf einerley Grundlinie DL und zwischen den Parallellinien DL und Ee.

*) Weil Triangel, die gleiche Grundlinien und Höhen haben einander gleich sind. A. d. V.

Man verlängere De und mache eF gleich De, so wird die Fläche eFL gleich DeL seyn; wo eF den Raum vorstellen wird, welcher in eben derselben Zeit, als De erfodert, beschrieben werden würde, wenn in e kein neuer Stoß hinzukäme. Es würke bey e eine Kraft em, so läßt sich nach demselben Verfahren erweisen, daß eFL gleich efL ist. Welches ebenfalls von den Triangeln fgL, ghL u. s. w. erwiesen werden kann *).

65. Weil dahero ein einziger Stoß nur die Geschwindigkeit und Richtung, aber niemals die beschriebene Fläche ändern kann; so ist klar, daß jede Anzahl auf einander erfolgter Stöße ebenfalls keine Würkung auf die Fläche haben werde. Man nehme die Anzahl der Stöße als unendlich an, oder mit andern Worten, man seze, daß eine nach dem Mittelpunct gerichtete Kraft unaufhörlich auf einen Körper würke, so wird ein Vieleck von unendlich vielen Seiten, das ist, eine krumme Linie beschrieben werden, deren Halbmesser, indem er mit dem bewegten Körper fortrückt, in gleichen Zeiten gleiche Räume beschreiben oder durchlaufen wird. Und umgewendet, wenn sich ein Körper um einen Punct so herumbewegt, daß er eine krumme Linie beschreibt, deren Halbmesser, indem er mit dem bewegten Körper forgehet, in gleichen Zeiten gleiche Flächen durchläuft; so hat die Centripetalkraft, welche die Bewegung von der geraden Linie entfernet, ihre Richtung gegen diesen Punct.

66. Man hat aber kein Beyspiel in der Natur, wo die Centripetalkraft nach einem unbeweglichen Punct gerichtet ist. Die Körper ziehen einander und zwar gegenseitig an. Wenn sich dahero ein Körper um einen andern herumbewegt, so wird der leztere nicht in Ruhe bleiben;

*) Die Kraft, welche den Körper nach den Richtungen der Linien De, ef, fg, gh treibt, und ihn von dem Punct L entfernen würde, wenn keine Centripetalkraft da wäre, wird die Centrifugalkraft genennet. Beyde Kräfte heißen überhaupt Centralkräfte. L.

sondern er wird sich in einer ähnlichen krummen um den gemeinschaftlichen Schwerpunct, wie der erste Körper bewegen. Wenn nämlich der Schwerpunct in Ruhe ist, so werden die beyden Körper in ähnlichen krummen Linien um diesen Punct eine absolute Bewegung haben, und eine relative umeinander nach krummen Linien, die diesen lezt erwähnten ähnlich sind *). Die Zeit eines periodischen Umlaufes wird in beyden Fällen gleich seyn.

Diese Bewegungen werden nicht verändert, wenn der Schwerpunct in Bewegung angenommen wird. Wenn wir dahero von den Bahnen und periodischen Umläufen der Körper reden, können wir überhaupt einen von den Körpern als unbeweglich und den andern, als ob er sich um ihn herumbewegte, betrachten.

67. Wenn sich ein Körper um einen Punct in einer Bahn, die kein Kreis ist, herumbewegt, so erhellet, daß er, um in gleichen Zeiten gleiche Flächen zu beschreiben, sich schneller bewegen müsse, wenn er dem Mittelpuncte näher, als wenn er entfernter ist; und es erhellet auch, daß wenn die Geschwindigkeit nach der Tangente und folglich die Tangentialkraft (Centrifugalkraft, Fliehkraft, L.) zunimmt, eine größere Centripetalkraft erfodert werde, um ihn im Umlaufe zu erhalten.

68. Aus den Eigenschaften der Ellipse läßt sich beweisen, daß ein Körper, der sich in dieser krummen Linie bewegt und dessen Centripetalkraft nach einem ihrer Brennpuncte gerichtet ist, in jedem Orte seiner Bahn gegen diesen Brennpunct von einer Kraft angezogen werden müsse, die sich umgewendet wie die Quadrate der Entfernungen

*) Newtoni princ. l. I. prop. 57. A. d. V. Die Entfernungen der Körper von dem Schwerpuncte verhalten sich umgewendet wie deren Massen; die Körper bleiben unverändert, also auch das Verhältniß ihrer Entfernungen von dem Schwerpuncte. Wenn nun der Schwerpunct ruhet; so müssen die Körper bey ihrer Bewegung entweder concentrische Kreise oder andere einander ähnliche krumme Linien beschreiben. L.

verhält *). Man kann sich einen sehr vollkommnen und deutlichen Begriff von der Ellipse aus der Art, wie man sie gewöhnlich beschreibet, verschaffen; wenn man nämlich einen Faden CAC (fig. 30) an seinen Enden in den Puncten CC befestiget, in die Biegung bey A ein spizes Werkzeug steckt, und es, indem man den Faden stark anspannet, gegen B oder E führt, so wird es bey einem Umgange die Ellipse ABDE beschreiben, und CC werden die Brennpuncte seyn.

69. Zu Erläuterung dieser Lehre von dem Umlaufe der Körper bemerken wir, daß, da die Schwere auf alle Körper, die sich in der Nähe der Erde befinden, unaufhörlich würkt und sie gegen ihren Mittelpunct ziehet, ein jeder geworfener Körper, welcher nicht nach einer Verticallinie geworfen worden ist, als ein sich um diesen Mittelpunct bewegender Körper betrachtet werden könne, und wenn seine Bahn nicht groß genug ist, um den Erdkörper einzuschließen oder zu umschreiben, so wird er in seinem Laufe unterbrochen werden und irgendwo auf der Oberfläche der Erde zur Ruhe kommen. Es stelle also ABE (fig. 31.) die Erde vor, deren Mittelpunct in C ist; so wird ein Körper, der in A nach der Richtung AF geworfen wird, von ihr wegen Würkung der Centripetalkraft nach der krummen Linie AGB abweichen und bey B zur Ruhe kommen, wo derselbe von dem Erdkörper, welcher seinen Lauf bey B aufhält, gehindert wird, die ganze Bahn AGBDA zu durchlaufen. Es ist aber der Theil AGB der elliptischen Bahn eines geworfenen Körpers so klein, in Vergleichung mit dem Theile, den er nicht durchläuft, daß man ihn ohne einen merklichen Irrthum zu begehen als eine Parabel betrachten kann, den Widerstand der Luft ausgenommen, welcher hier nicht betrachtet wird und wegen Verminderung der Bewegung verursacht, daß er B nicht erreicht.

*) Man sehe des Herrn Hofrath Kästners höhere Mechanik. 239. §.

70. Die Bahn AGBDA, von welcher die Parabel ein Theil ist, war unter der Vorausſezung beſchrieben worden, daß die Anziehungskraft gegen den Mittelpunct fortfahre einerley Geſez, ſo wohl innerhalb als außerhalb der Kugel, zu beobachten. Allein dieſe Vorausſezung iſt nichts weniger, als wahr; denn eine Kugel von gleichförmiger Dichtigkeit und die aus Theilen zuſammengeſezt iſt, welche einander mit Kräften, die ſich umgewendet wie die Quadrate ihrer Entfernungen verhalten, anziehen, wird außer ihrer Oberfläche die Körper nach dieſem Geſeze anziehen, da es auf die Entfernung ihrer Mittelpuncte ankam. Aber die Centripetalkräfte bey Körpern, die ſich in der Kugel befinden, werden ſich wie ihre Entfernungen von dem Mittelpuncte verhalten *).

Es ſtelle der Kreis BCDG (fig. 32) die Erde vor. Auf der Spize des Berges A werde ein Körper nach der horizontalen Richtung AF mit einer Kraft geworfen, die ihn bis nach B auf der Oberfläche treibet. Man ſtelle ſich vor, er werde mit einer noch größern Kraft nach eben der Richtung geworfen und bis nach C gebracht. Eine noch größere Kraft treibe ihn nach D, ſo würde ihn eine größere Kraft um die Erde herum bis nach A treiben, wo er mit einer eben ſo großen Geſchwindigkeit, mit welcher er zuvor geworfen worden, fortgehen und folglich ſich unaufhörlich (wenn der Widerſtand der Luft nicht in Betrachtung gezogen wird) in dieſer Bahn bewegen würde. Wenn aber die Kraft des Wurfes noch mehr zunähme, ſo würde er eine Ellipſe AbA in einer ungleichförmigen Bewegung, langſamer bey b und geſchwinder bey A durchlaufen und ſich unaufhörlich in dieſer Bahn bewegen.

Wenn die Schwere in großen Entfernungen des Weltgebäudes umgewendet nach den Quadraten der Entfernungen würkt; ſo wird es leicht ſeyn, dieſes auf die Himmels-

*) Newtoni princ. l. I. prop. 86. A. d. B. Man ſehe auch Martins Lehrbegrif 1 Th. p. 103. L.

Körper anzuwenden. Dieses wird in der Folge bewiesen werden; es ist aber nunmehro nöthig, zuförderst die scheinbaren Bewegungen zu beschreiben, ehe eine Erklärung davon gegeben werden kann.

Dritter Abschnitt.

Von der Astronomie.

Erstes Kapitel.

Von dem Weltgebäude überhaupt.

71. Es ist mehr als zu wahrscheinlich, daß die Wissenschaften in den frühern Jahren der Welt aus den Bedürfnissen des menschlichen Geschlechtes ihren Ursprung genommen haben. Die mechanischen Wissenschaften wurden zur Beförderung der Feldarbeiten und der Verfertigung solcher Dinge, die zur Bequemlichkeit des Lebens nothwendig sind, erfunden. Die Feldmeßkunst wurde zu Bestimmuug der Grenzen und Größen der Ländereyen erfunden; und eine genaue Kenntniß von der Wiederkunft der Jahreszeiten wurde erfodert, damit der Gutsbesizer mit Gewißheit wissen konnte, wenn er zu säen und zu ärnden habe. Daher entstand die Astronomie. Vielleicht würde diese Wissenschaft lange Zeit zu keinem andern Gebrauche bestimmt gewesen seyn, als zu Eintheilung dieser Zeit; wenn die natürliche Fruchtbarkeit des menschlichen Erfindungsvermögens den Himmelskörpern nicht die Regierung der Schicksale des Menschen zugeschrieben hätte. Da die Erkenntniß, daß ein Gott sey, unmittelbar aus dem Bewußtseyn seines eigenen Daseyns folgte; so war es natürlich, daß er von dessen Absichten und seinen Pflichten unterrichtet zu seyn wünschte. Ob die Vernunft ohne Beyhülfe der Offenbarung zu Befriedigung dieses Wunsches habe zureichend seyn können, wollen wir da es nicht zu unserer Absicht gehört, nicht untersuchen; jedoch so viel ist gewiß, daß die Alten anstatt dieses mit Gelassenheit und Be-

hutsamkeit, welche bey einer jeden Untersuchung so nothwendig sind, zu untersuchen, ihrer Einbildungskraft im Gegentheile völlige Freyheit gelassen und ein Religionssystem gebildet haben, welches zwar höchst ungereimt, dennoch aber bis zu Einführung des Christenthums fast allgemein angenommen war. Anstatt auf den Begriff eines einzigen allgegenwärtigen und allwissenden Wesens aufmerksam zu seyn, erfanden sie ein unzählbares Heer untergeordneter Gottheiten, wovon jede in ihrem ihr angewiesenen Amte zu befehlen hatte. Die sieben Planeten, nämlich Sonne, Mond, Saturn, Jupiter, Mars, Venus und Merkur waren unter der unmittelbaren Aufsicht eben so vieler Götter von verschiedener Natur und Neigung. Pflanzen, Thier und selbst der Mensch wurden einem dieser Götter untergeordnet, und man erdachte eine eingebildete Wissenschaft, um aus dem relativen Stande der Himmelskörper oder den Aspecten das künftige Schicksal vorherzusagen. Sie ward die Astrologie genennet und ist heut zu Tage noch nicht gänzlich ausgerottet. Ein so wichtiger und die ängstliche Neugierde des Menschen so befriedigender Bewegungsgrund mußte nothwendig eine beständige Beobachtung dieser Aspecten veranlassen, durch welche Beobachtung man in den astronomischen Kenntnissen schon beträchtliche Fortschritte gethan hatte, als die leichtern Wissenschaften noch in ihrer Kindheit lagen.

72. Aus den ältesten Nachrichten scheinet zu erhellen, daß man in dem Oriente das wahre System der Welt zuerst gekannt habe, da Pythagoras die Kenntniß davon, welche er nachmals in dem untern Italien vortrug, auf seiner Reise nach Indien erlangt hat *). Wir wollen von

*) Pythagoras war Thales Schüler und reisete um seine Kenntnisse zu vermehren nach Aegypten und Indien; man zweifelt aber noch sehr daran, ob Thales und Pythagoras auf ihren Reisen so viel gelernet haben, weil beyde wohl schwerlich über ihre Erfindungen so viel Freude bezeigt haben würden, wenn sie nicht die wahren Erfinder gewesen wären. Die Pythagoräer hatten größtentheils sehr richtige Begriffe von

den verschiedenen und dunkeln Vorstellungen, durch welche die Philosophen die Erscheinungen an dem Himmel zu erklären sich bemühet haben, bis zu dem alten Weltsystem übergehen, welches von dem Copernicus, mit dessen Namen es seitdem allezeit benennet wird, wieder hergestellet worden ist *), und uns in die Lage der orientalischen Weisen versezen, denen die erste Entdeckung zugeschrieben wird, damit wir bey Bemerkung der Fortschritte, welche diese Wissenschaft gemacht hat, deutlichere Begriffe davon erhalten mögen, indem wir zugleich die Beweise anführen wollen, wodurch wir von deren Wahrheit überführet werden.

73. Die erste und gemeinste Erscheinung, welche sich der Beobachtung darbot, war die scheinbare tägliche Bewegung der Himmelskörper, da man die Sonne, den Mond und die Sterne auf und unter gehen sahe. Man bemerkte bald, daß diese Bewegung scheinbaren Unregelmäsigkeiten unterworfen sey. Indem man diesen Umlauf aus einem Aufgange der Sonne bis zu dem andern beurtheilte, ward man in kurzer Zeit überzeugt, daß die Sonne nicht allezeit an demselben Orte des Horizonts aufgehe, und daß sie im Winter nicht so lange über dem Horizont verweile, als im Sommer. Der Mond war noch weniger geschickt, diesen Umlauf zu bestimmen, da seine Abweichungen in jeder Rücksicht sichtbarer waren. Die Fixsterne waren noch übrig, welche zwar regelmäsig auf und unter zugehen schienen, dennoch aber war ihr Umlauf kürzer, als ein natürlicher Tag; denn diejenigen Sterne, welche man in einer gewissen Jahreszeit zu Mitternacht aufgehen sahe, wurden nach Verfluß dreyer Monate früh Mor-

der Bewegung der Himmelskörper. S. Histoire des Mathematiques par M. Montucla T. I. oder im Auszuge in Scheibels mathematischer Bücherkenntniß 1 St. p. 87. L.

*) Im Jahre 1543, in welchem er starb. Nachdem er sein Buch de reuolutionibus orbium caelestium über sechs und dreysig Jahr unterdrückt hatte, wurde es endlich bekannt gemacht, und ein Exemplar davon ihm wenig Stunden vor seinem Tode überbracht. Gassendus in vita Copernici. A. d. V.

gens in dem Abend angetroffen. Man mußte dahero bestimmen, welche von diesen Bewegungen man für die Bewegung des Weltgebäudes anzusehen habe; und es war leichter und faßlicher anzunehmen, daß die Sonne durch eine in Ansehung der Fixsterne relative Bewegung gegen Morgen *) die Tage etwas länger, als die würkliche Zeit eines solchen Umlaufes mache, als daß alle Sterne sich beständig mit einer größern Geschwindigkeit, als dieser Himmelskörper bewegen sollten. Diese relative Bahn der Sonne war nicht schwer zu bestimmen. Aus dem Schatten eines senkrechten Stiftes oder eines andern gleichgeltenden Werkzeuges am Mittage konnte man ihre verschiedene nördliche oder südliche Abweichung bemerken, und das oben erwähnte Fortrücken des Aufganges der Sterne gab ihren Unterschied in der geraden Aufsteigung zu erkennen *). Auf diese und dergleichen Art entdeckte man, daß indem der Fixstern an seinem eigenen Orte des Horizontes auf und unter gieng, ohne seine Lagen gegen andere zu verändern, die Sonne jährlich einen Kreis ihrer Bahn von Abend gegen Morgen durchlaufe, welcher mit der Bahn ihrer täglichen Bewegung einen Winkel von $23\frac{1}{2}$ Graden macht; wodurch die Verschiedenheit der Jahreszeiten, der Länge der Tage u. s. w. hervorgebracht wird.

74. Bey Beobachtung dieser Erscheinungen mußte der Beobachter natürlicher Weise die hellsten Sterne als Gegenstände seiner Aufmerksamkeit auszeichnen. Diese waren die Planeten; und ihre Bewegungen konnten dahero nicht länger unbekannt bleiben. Insbesondere der Planet Venus, welcher wenn er sich von der Sonne nach

*) Die Sonne rückt täglich um ohngefähr einen Grad gegen Morgen fort. L.

*) Oder ein Stern der sich an einem Tage mit der Sonne in dem Meridian befunden hat, kömmt den folgenden Tag um 4 Minuten früher in den Meridian, als die Sonne. Da nun die Mittagslinie oder Meridianlinie den Meridian bestimmt, so dienet sie zur Vergleichung der Sonnen- und Sternzeit. L.

Morgen entfernet, in dem Abend nach Sonnenuntergang als ein Abendstern erscheinet; er verschwindet, wenn er sich ihr genähert hat, und befindet sich nachmals in einer fast eben so großen Entfernung gegen Abend zu, wo er vor der Sonne hergehet und ein Morgenstern wird. Aus der Langsamkeit seiner scheinbaren Bewegung, wenn er der größten Elongation, oder dem größten Winkel, unter welchen er, von der Erde aus gesehen, von der Sonne entfernet ist, sich nähert, konnte man bemerken, daß seine Bewegung in einem Kreise geschahe, in dessen Mittelpuncte die Sonne sich befand; und wenn man die kurze Zeit, welche er bey seiner Bewegung von der größten östlichen bis zur größten westlichen Elongation anwendet, mit der Zeit verglich, während welcher er sich zwischen diesen Elongationen nach der entgegengesezten Richtung bewegt, so wurde man überzeugt, daß sein Umlauf von Abend gegen Morgen geschehe. Das Verhältniß seiner Entfernung von der Sonne zu der Entfernung der Sonne von der Erde konnte man aus der Größe seiner größten Elongation finden.

75. Um dieses zu erläutern, stelle S (fig. 33. a.) die Sonne, E die Erde, ABvKVHF die Bahn der Venus und CHLaSbD einen Theil der Ecliptik oder jährlichen Sonnenbahn vor; so wird der Planet, wenn er in B ist, einem Beobachter, der sich beynahe in der Fläche dieser Bahn befindet, in dem Puncte b der Ecliptik erscheinen, und wenn er mit gleichförmiger Bewegung in seiner Bahn den Bogen Bv beschrieben hat, wird er mit ungleicher Bewegung den Bogen bD beschrieben zu haben scheinen. Wenn er in v ist, wird es scheinen, als wenn er in D stille stände und hierauf von D nach b zurückzugehen anfangen; denn wenn er den Bogen vI beschrieben hat, wird er wieder in b gesehen werden. Bey Fortsezung seines Laufes kömmt er in V an, nachdem er scheinbar den Bogen bC durchlaufen hat. Bey V wird er wieder stille stehen, und sich nachhero nach G, F, A u. s. w. fortbewegen, wo er in den ihnen zugehörigen Puncten der Ecliptik gesehen werden wird. Weil nun diese Bewegung von der Erde aus

gesehen in der Ecliptik erscheinet, und weil die scheinbare Bewegung von b nach D eben so wohl aus der wahren Bewegung von I nach v, als von B nach v entstanden seyn kann; so bleibt uns zu bestimmen übrig, nach welcher Richtung die würkliche Bewegung, von der die scheinbare Bewegung hervorgebracht worden, geschehen sey. Da EC und ED Tangenten der Bahn sind, so werden die Puncte D und C, welche den Oertern v und V zugehören, die größten Elongationen angeben; und da der Bogen vV, durch welchen er in dem untern Theile der Bahn zwischen den größten Elongationen gelaufen ist, viel kleiner als der obere Bogen VABv, durch den er zwischen eben denselben Elongationen fortgerückt ist; so erhellet, daß der Planet, wenn er sich in dem untern Theil der Bahn befindet, den Raum CD in viel kürzerer Zeit beschreiben werde, als wenn er sich durch den obern Theil bewegt. Hieraus erhellet auch, daß, wenn der Planet in dem obern Theile der Bahn läuft, die scheinbare Bewegung in der Ecliptik eben dieselbe Richtung als die wahre Bewegung habe. Weil wir also ein Merkmal haben, woran die Bewegung in dem obern von der in dem untern Theile zu unterscheiden ist, so können wir die Richtung der Bewegung in seiner Bahn leicht bestimmen; es ergiebt sich dahero, daß sie von Abend gegen Morgen geschehe.

76. Die Entfernung der Venus von der Sonne im Verhältnisse mit der Entfernung der Sonne von der Erde, wird aus ihrer größten Elongation bestimmt. Man ziehe die Linie VS, welche mit der Tangente VE einen rechten Winkel machen wird; so hat man in dem rechtwinklichten Triangel nach den Regeln der ebenen Trigonometrie das Verhältniß: der Halbmesser verhält sich zur Entfernung der Sonne ES, wie der Sinus des größten Elongationswinkels VES zu VS, die Entfernung der Venus von der Sonne.

Aus ähnlichen Beobachtungen an dem Planeten Merkur läßt sich bestimmen, daß sein Umlauf um die Sonne auf gleiche Art und unter denselben Umständen, wie bey der Venus, geschehe.

Zweytes Kapitel.

Von der Gestalt und Bewegung der Erde.

77. Der Kürze wegen haben wir bishero den Einfluß, welchen die jährliche Bewegung der Sonne in der Ecliptik auf die scheinbaren Bewegungen der Planeten hat, nicht in Betrachtung gezogen, ob er gleich sehr beträchtlich ist. Wir haben auch noch nicht bestimmt, ob diese scheinbare jährliche Bewegung aus einer würklichen Bewegung der Sonne um die Erde *) oder der Erde um die Sonne **) herzuleiten sey. Die Himmelsbegebenheiten können auf beyde Arten erkläret werden, aber auf eine viel einfachere und mehr begreifliche Art unter der lezten Vorausſezung. Auf die scheinbaren Bewegungen der Planeten, Mars, Jupiter und Saturn hat diese jährliche Bewegung einen so merkwürdigen Einfluß, daß wir genöthiget sind, sie bey unserer Erklärung zum Grunde zu legen. Wir müssen dahero zuförderst von der Gestalt der Erde und den Gründen, worauf die Vorausſezung, daß sie sich bewege, beruhet, Nachricht ertheilen. Die Beweise davon werden mit mehrer Bequemlichkeit alsdenn, wenn wir von den physikalischen Ursachen dieser Bewegungen handeln, gegeben werden. Gegenwärtig wollen wir nur die Erscheinungen beschreiben und leichte Folgerungen aus ihnen herleiten.

78. Als die Fixsterne in Bilder abgetheilet und ihre Stellungen gegeneinander bekannt wurden, konnte ein Beobachter leicht bemerken, daß ihr täglicher Umlauf um

*) Nach dem System des Ptolemeus, welches auch andere alte Weltweisen angenommen hatten, bewegen sich nach der Ordnung, der Mond, Merkur, Venus, die Sonne, Mars, Jupiter, Saturn und die Fixsterne um die Erde. Tycho de Brahe bemühete sich zu beweisen, daß der Mond, die Sonne von ihren fünf Planeten begleitet und die Fixsterne sich um die Erde bewegten. L.

**) Nach dem Copernicanischen System. L.

eine Axe geschehe, welche eine schiefe Lage gegen den Horizont habe; von deren Endpuncten oder **Polen** sich einer über den Horizont nach Norden *) zu und der andere sich eben so tief unter dem Horizont nach Süden zu befinde, und also unsichtbar sey. Wenn er weiter nach Norden reisete, erhob sich der Nordpol mehr über den Horizont, und dieses genau nach Verhältniß des Raumes, durch den er gereiset war; woraus zu schlüßen war, daß die Erde rund oder kugelähnlich sey. Es stelle der Kreis EBD (fig. 34) einen Durchschnitt der Erde, AH den sichtbaren (oder scheinbaren) **Horizont** und EK den **wahren Horizont** ersterm parallel vor. Ein Beobachter in B sehe den Polarstern **) S, der so weit entfernet ist, daß alle von ihm auf den Horizont gezogene Linien als parallel betrachtet werden können, unter den Winkel HBS seiner Höhe über den Horizont. Im Falle nun die Erde flach oder eben wäre, und ein Beobachter nordwärts von B nach I reisete, würde er ihn immer noch unter eben derselben Höhe erblicken; denn der Winkel sIH ist dem Winkel SBH gleich, weil SB und sI einander parallel sind. Wenn aber die Erde eine Kugel ist, wird die Höhe des Nordpoles wenn er nach Norden reiset, sich allezeit wie der durchreisete Weg verhalten.

Denn gesezt, der Beobachter reise durch den Bogen oder den Raum BD von B nach D, wo die Linie aF den scheinbaren Horizont und ef den wahren Horizont anzeigt; so wird er den Stern nach der Richtung Ds, mit BS parallel sehen, und dessen Höhe über den Horizont wird der Winkel sDF seyn. Man ziehe die Linie DG mit BH parallel, so wird der Winkel sDG dem Winkel SBH gleich

*) Wenn sich nämlich der Beobachter unter nördlicher Breite befindet. A. d. V.

**) Es giebt keinen Stern, welcher sich vollkommen in dem Pole befindet. Der Stern α des kleinen Bäres, welcher der Polarstern genennet wird, ist von ihm $2\frac{1}{4}$ Grad entfernet. A. d. V.

und der Winkel GDF der Unterschied der Polhöhen seyn. Weil nun Cf mit DF wie auch CK mit DG parallel ist, so sind die Winkel KCf und BCD einander gleich; und weil der Winkel KCf so wohl, als BCD um den gemeinschaftlichen Winkel DCK kleiner, als ein rechter Winkel ist, so sind auch diese Winkel einander gleich. Es ist dahero der Winkel GDF dem Winkel BCD gleich. Es verhält sich aber der Winkel BCD (und also auch der Winkel GDF) wie die Größe des Bogens BD, der dessen Maas ist, und der Bogen BD ist der Weg, den man zurückgeleget hat; es wird sich dahero, wenn die Erde eine Kugel ist, der Zuwachs der Polhöhe, indem man nach Norden reiset, allezeit wie der zurückgelegte Weg verhalten. Dieses hat man aus Erfahrung wahr gefunden; es ist dahero, wie oben behauptet worden, die Erde eine Kugel *).

79. Wenn dahero die Länge des Bogens BD gemessen wird, und die Größe desselben in Graden durch Beobachtung eines Sternes bekannt ist; so kann der ganze Umkreis der Erde durch folgendes Verhältniß gefunden werden: die Anzahl der Grade verhält sich zur gemessenen Länge, des Bogens, wie der ganze Umkreis in Graden oder 360 Grade zu dem ganzen Umkreise im Längenmaase.

80. Die neuern Umschiffungen der Erde beweisen ebenfalls die Kugelgestalt derselben, denn wenn die Schiffe beständig nach Morgen oder nach Abend seegeln, kommen sie wieder in dem Hafen an, aus welchem sie abgereiset sind.

*) Zu mehrer Ueberzeugung von der Kugelgestalt der Erde ist diesem Beweise noch hinzuzufügen, daß diese stufenweise Ab- oder Zunahme der Polhöhe an allen bishero bereiseten Orten der Erde statt finde, und daß, wenn man nach Morgen oder Abend reiset, ebenfalls eine verhältnißmäßig früher oder später Aufgang der Sonne erfolge. Wenn nämlich ein Reisender seinen Weg beständig nach Morgen fortsezt und 15° 2' 28" im Bogen des Aequators gerechnet zurückgelegt; so wird er an einen Ort kommen, wo die Sonne eine Stunde früher in den Meridian kömmt, als am ersten Orte. L.

Auch bey den Mondfinsternissen ist der Schatten der Erde jederzeit rund. Nun ist ausgemacht, daß der Körper, dessen Schatten in allen Lagen ein Kreis ist, eine Kugel seyn müsse.

81. In Ermangelung der Beweise, welche der menschliche Scharfsinn und genauere Beobachtungen uns in den neuern Zeiten verschafft haben, konnten die Alten für die Bewegung der Erde nicht solche Gründe anführen, welche von den allgemeinen Gesezen der Bewegung und der Eigenschaft der Schwere abhängig waren. Ohne Zweifel nahmen sie zu den Beweisen ihre Zuflucht, welche sich auf die schicklichste Anordnung der Dinge gründeten. Sie waren überzeugt, daß die Weisheit des Allmächtigen alles auf die beste mögliche Art erschaffen habe, und daß dahero der Naturforscher eine Würkung, welche eben so wohl aus einfachen als aus verwickelten Ursachen entstanden seyn konnte, aus der erstern erklären müsse. Man sahe sich zwo Planeten, Merkur und Venus, um die Sonne in Kreisen bewegen, deren Halbmesser kleiner, als die Entfernung der Erde von der Sonne war; bey den obern Planeten, Mars Jupiter und Saturn bemerkte man ebenfalls, daß sie sich in Kreisen um die Sonne bewegten, aber in größern Entfernungen, als die Entfernung der Erde von der Sonne beträgt. Wenn man annahm, daß sich die Sonne in der Ecliptik bewege, so mußten diese Himmelskörper in ihren Bahnen mit ihr fortrücken und also ihre wahren Bewegungen sehr verwickelt seyn; wenn hingegen angenommen wurde, daß die Erde einen Kreis um die Sonne zwischen Venus und Mars beschriebe, so wurden die wahren Bewegungen einfach und natürlich, und eine schöne Einförmigkeit herrschte in dem ganzen System.

82. Da die jährliche Bewegung aus diesem Grunde anzunehmen war, so konnte ihre tägliche Bewegung aus demselben Schlusse folgen, weil es vernünftiger und mit dem Ganzen mehr übereinstimmend war, anzunehmen, daß die Erde durch eine tägliche Umdrehung um ihre Axe von Abend gegen Morgen die scheinbare Bewegung der

Himmelskörper veranlasse, als daß diese Körper nebst ihren andern verschiedenen Bewegungen diese erstaunenswürdige Geschwindigkeit haben sollten, welche eine würkliche tägliche Bewegung erfoderte. Die Einwürfe, welche gemeine Beobachter dawider erhoben, konnten von Männern, welche gründlichere Einsichten besaßen, leicht widerlegt werden. Aus eben den Beobachtungen, aus welchen die Kugelgestalt der Erde entdeckt wurde, konnte man auch schlüßen, daß die Körper nicht schlechterdings in Ansehung des Weltraumes, wie man sich eingebildet, herunter fallen, sondern daß sie allezeit nach einer gegen den Mittelpunct der Erde gerichteten Linie fallen, und man durfte dahero nicht besorgen, daß bey fallenden Körpern hieraus eine beständige Veränderung der Lage entstehen werde. Die Beyspiele an Schiffen, welche bey einer Windstille von Strömen fortgeführet werden, beweisen es, daß die relativen Bewegungen oder Lagen der Körper von dieser Geschwindigkeit, welche ihnen nach dieser parallelen Richtung mitgetheilet worden, nicht verändert werden.

(Ein Stein, der von der Spize eines Schiffsmastes eines seegelnden Schiffes herunterfällt, langt eben sowohl auf dem Verdeck in der Nähe des Mastes an, als wenn sich das Schiff nicht beweget hätte. Die fallenden Körper haben überhaupt eine doppelte Bewegung; eine nach der Richtung des Dunstkreises, der sich mit der Erde um eine gemeinschaftliche Axe bewegt, und die andere nach der Richtung der Schwere. Daß dahero ein Stein, den man von der Höhe eines Thurmes fallen läßet, genau und senkrecht an dem Fuße desselben niederfallen kann. Andere von dem berühmten Tycho wider die Bewegung der Erde erregten Einwürfe wird man sehr gut widerlegt in des Herrn Prof. Bode Erläuterung der Sternkunde 1 Th. §. 351 u. f. f. antreffen. L.)

Drittes Kapitel.

Von den abwechselnden Erscheinungen der obern und untern Planeten.

83. Daß die Planeten Mars, Jupiter und Saturn*) sich in Kreisen bewegen, welche die Laufbahn der Erde einschließen, erhellet daraus, daß sie öfters an einem Orte der Ecliptik, welcher dem Orte der Sonne gerade entgegengesezt ist, gesehen werden; und daß man die Sonne als den Mittelpunct dieser Bahnen ansehen könne, erhellet so wohl aus diesem Gegenscheine, welcher sich in jedem Orte der Ecliptik ereignet, als aus den ungleichen scheinbaren Bewegungen, welche sich wenn man sie auf diesen Mittelpunct beziehet, erklären lassen.

Die scheinbaren Bewegungen der untern Planeten haben wir in Ansehung ihres relativen Standes gegen die Sonne in Betrachtung gezogen. Die Bewegung der Erde würkt auf diese Erscheinungen, überhaupt betrachtet, blos durch Verlängerung der Zeit, nach welcher sie wieder in die vorige Lage zurückkommen.

84. Die Erde bey E (fig. 33. a) ist in Ansehung der Venus ein oberer Planet. Ein Beobachter auf der Venus bey B. siehet die Erde E unter dem Winkel EBS von der Sonne entfernet. Dieser Elongationswinkel wächset, indem sich Venus in ihrer Bahn von B nach v bewegt, an welchem Orte er ein rechter Winkel EvS wird. Von I aus wird er sie unter einem noch größern Elongationswinkel EIS sehen, und von M aus wird sie der Sonne gerade entgegengesezt (im Gegenscheine) seyn. Wenn Venus von M nach K, V und so weiter fortrückt, wird der Elongationswinkel so lange ab-

*) Zu den obern Planeten ist nunmehro auch Uranus (Georgium sidus) zu rechnen, welcher vom H. Willhelm Herschel den 13 März 1781 entdeckt oder vielmehr von ihm zuerst für einen Planeten erkannt wurde. An den gehörigen Orten werde ich die vom H. Prof. Bode angegebenen Bestimmungen desselben einschalten. L.

nehmen, bis sie in N angekommen ist, wo die Erde mit der Sonne in der Zusammenkunft seyn und der Elongationswinkel verschwinden wird. Diese relative Bewegung in Ansehung der Sonne geschiehet nach einer den Zeichen der Ecliptik entgegengesezten Ordnung, oder von Morgen gegen Abend, und ist blos der Bewegung des untern Planeten zuzuschreiben, auf welchem der Standort des Beobachters angenommen worden.

85. Wenn sich die Erde E in einer unendlich großen Entfernung befände, so könnte man die Linien BE, vE, IE u. s. w. als Parallelinien ansehen, und der Beobachter würde sie dahero allezeit in demselben Puncte der Ecliptik sehen, da ihre Lage gegen der Sonne blos durch die scheinbare Bewegung der Sonne, welche durch die würkliche Bewegung der Venus veranlaßt worden, verändert werden würde. Da aber dieses keinesweges der Fall ist, so wird eine scheinbare Bewegung der Erde in den Zeichen der Ecliptik hervorgebracht werden. Es wird also von N aus gesehen die Erde an den Fixsternen bey P erscheinen; von B aus wird sie bey R; von v aus bey O erscheinen, wo sie so lange im Stillestande seyn wird, als die Venusbahn noch nicht merklich von ihrer Tangente abweicht; von I aus wird sie rückwärts in R in einer rückgängigen Bewegung gesehen; von M aus bey P; von K bey T; von V bey Q, wo sie wieder im Stillestande ist; und von A wird sie wieder bey T gesehen, wo ihre Bewegung rechtläufig ist. Hieraus läßt sich schlüßen, daß wenn ein oberer Planet von einem untern gesehen wird und im Stillestande erscheinet; so wird auch der untere Planet zu derselben Zeit aus einem obern angesehen im Stillestande seyn, und wenn der untere Planet aus einem obern betrachtet sich scheinbar rückgängig oder nach entgegengesezter Ordnung der Zeichen bewegt, so hat der obere Planet ebenfalls eine scheinbare rückgängige Bewegung.

86. Weil aber die Erde eine jährliche Bewegung um die Sonne in ihrer Bahn hat, so ist zu untersuchen, was der scheinbaren Bewegung der Venus hierdurch zuwächst.

Es ist klar, daß wenn die Erde in Ruhe wäre und die Venus bey v gesehen würde, man alsdenn ihre größte Elongation wieder in demselben Orte sehen würde, wenn sie einen ganzen Umlauf in ihrer Bahn vollendet hätte. Allein indem Venus diesen Umlauf macht, rückt die Erde von E nach W fort, und so ferner. Es muß dahero Venus zwischen zwo ähnlichen Elongationen nicht allein einen ganzen Umlauf sondern auch einen Bogen von eben so vielen Graden beschreiben, als die Erde während dieser Zeit beschrieben hat; und hieraus kann ihre **periodische Umlaufszeit** gefunden werden. Man hat beobachtet, daß die Zeit zwischen zwo ähnlichen Ständen 583 Tage *) ausmache. Da man nun die Erdbahn in 365 gleiche Theile oder Tage theilet, so wird die Winkelgeschwindigkeit der Venus durch einen Umgang oder 365 Tage, wozu 583 Tage hinzugefügt werden, oder durch 948 ausgedrückt, und die Winkelgeschwindigkeit der Erde wird 583 seyn. Es verhalten sich aber die periodischen Umlaufszeiten der Venus und der Erde umgewendet wie ihre Winkelgeschwindigkeiten; folglich verhält sich die Winkelgeschwindigkeit der Venus 948 zur Winkelgeschwindigkeit der Erde 583, wie die periodische Umlaufszeit der Erde 365 zur periodischen Umlaufszeit der Venus $224\frac{1}{2}$.

87. (Auf eben diese Art läßt sich die periodische Umlaufszeit des Merkur finden, welche zugleich zur nähern Erklärung dienen kann. Es sey II CD II (fig. 33. b.) die Bahn des Merkur; AB II ein Bogen der Erdbahn, den die Erde in 88 Tagen durchläuft. Es befinde sich die Erde in A und Merkur in II; so ist er mit der Sonne in der obern Zusammenkunft. Wäre die Erde unbeweglich, so würde er sich bey C in der untern Zusammenkunft befinden: da aber die Erde sich unterdessen ebenfalls von A nach II zu bewegt, und man aus Beobachtungen weiß, daß der synodische Umlauf in 116 Tagen vollendet wird oder daß die untere Zusammenkunft sich nach 58 Tagen ereignet;

*) Diese heißt die Synodische Umlaufszeit. L.

so wird sich die Erde in B und Merkur in D befinden müssen, nachdem die Erde den Bogen AB = 58 und Merkur den Bogen 11CD durchlaufen hat. Es vollendet aber die Erde ihren Umlauf in 365 Tagen; es ist dahero AB = $\frac{58}{365}$ des Kreises, CD ist ebenfalls $\frac{58}{365}$ der Bahn des Merkur und um so viel ist Merkur über die Hälfte seiner Bahn fortgerückt. Der Bogen 11CD ist also = $\frac{1}{2} + \frac{58}{365} = \frac{365 + 116}{730}$. Durch diesen Bogen ist Merkur in 58 Tagen gelaufen, und hieraus läßt sich bestimmen, in wie viel Tagen er die ganze Bahn = 1 vollenden werde. Solchemnach ist $\frac{365 + 116}{730} : 58 = 1 : 88$ oder $365 + 116 : 58 = 730 : 88$ oder $365 + 116 : 116 = 365 : 88$, der periodischen Umlaufszeit des Merkur. Welches das Verhältniß des Verfassers ist. L.)

38. Wenn es keine Fixsterne gäbe, so würde es äusserst schwer, wo nicht unmöglich seyn, die jährliche Bewegung der Erde zu beweisen. Wir würden schlüßen, die Planeten beschrieben einen ganzen Umlauf zwischen zwo ähnlichen Lagen in Rücksicht der Sonne, weil die Elongationen auf eben die Art geschehen und eben so groß sind, die Erde mag sich bewegen oder nicht. Denn, wenn zum Beyspiel die Erde in E unbeweglich ist, so wird Venus einerley scheinbare Elongationen haben, ihre Geschwindigkeit in ihrer Bahn sey, welche sie wolle; sie werden aber desto öfterer geschehen, je größer die Geschwindigkeit ist. Wenn man die Erde sich in ihrer Bahn EW bewegen lässet, so wird sich Venus aus v dem Puncte M nähern, und sich nun mit einer Geschwindigkeit bewegen, welche dem Unterschiede zwischen ihrer Winkelgeschwindigkeit und der Winkelgeschwindigkeit der Erde gleich ist; oder wenn die Winkelgeschwindigkeit der Erde größer ist, wird sie von M zurückzugehen und ihre Umläufe nach einer ihrer wahren Bewegung entgegengesezten Richtung zu beschreiben scheinen. Da nun jede scheinbare Bewegung der Venus in ihrer Elongation aus ihrem kleinern oder größern

Abstande von der Linie SE beurtheilet wird, da jede Winkelbewegung der Linie SE blos die relative Geschwindigkeit der Venus verändern kann, und da eine Aenderung der Geschwindigkeit die Elongationen, die Zeit ausgenommen, nicht verändert; so erhellet, daß wir nicht aus den Bewegungen der Planeten um die Sonne bestimmen können, ob E in Ruhe sey oder nicht. Es ist dahero die scheinbare Bewegung der Sonne in den Fixsternen, aus der wir schlüßen, daß die Erde ihre Bahn in ohngefähr 365 Tagen durchlaufe.

89. Wenn der obere Planet E in Ruhe wäre, so würde die rückgängige Bewegung des untern Planeten v in den Fixsternen eben so viel, als der Elongationswinkel, z. B. vEV, betragen. Wenn sich aber E nach derselben Richtung als v, jedoch langsamer beweget, so wird der Winkel oder der mit rückgängiger Bewegung in der Ecliptik beschriebene Bogen kleiner seyn, als der Bogen zwoer entgegengesezten Elongationen. Eben dieses ist wahr, wenn die rückgängige Bewegung eines obern Planeten auf einem untern Planeten gesehen wird.

Denn die Bewegung des Planeten E gegen W verursacht eine scheinbare Bewegung der Sonne gegen D; und da die rückgängige Bewegung des Planeten v in Beziehung auf den Bogen DS bey den größten Elongationen am langsamsten ist, so erhellet, daß v nicht eher in der Ecliptik im Stillestande seyn werde, als bis seine scheinbare Bewegung in der Elongation von D gegen S der scheinbaren Bewegung der Sonne nach entgegengesezter Richtung gleich wird, das ist, einige Zeit nachhero, als er die größte Elongation erreicht hat, zum Beyspiele in d. Sodann wird seine Bewegung rückgängig, bis er in dem Puncte H ankömmt, welcher eben so weit entfernet ist, als die größte Elongation auf der andern Seite, und wo er wieder stillstehend wird, wenn seine scheinbare Bewegung der Bewegung der Sonne in der Ecliptik gleich und entgegengesezt ist. Es ist aber der Winkel LEd kleiner, als der Elongationswinkel CED der rückgängigen Bewegung; und

weil der Winkel lEq gleich LEd ist, so ist er ebenfalls kleiner als CED. Es sind aber diese Winkel lEq und LEd die Maaße der rückgängigen Bewegungen der obern und untern Planeten, wenn einer aus dem andern beobachtet wird; es erhellet also hieraus die Wahrheit unseres Sazes.

Viertes Kapitel.

Von den obern Planeten und der wahren Gestalt der Planetenbahnen.

90. Da die scheinbare Bewegung der Erde, wie sie aus der Venus gesehen wird, erkläret worden ist; so wird es leicht seyn, diese Erklärung auf die scheinbaren Bewegungen der obern Planeten anzuwenden. Bey den zwo untern Planeten dienete uns Venus zum Beyspiele; von den drey *) obern Planeten wollen wir hierzu den Jupiter erwählen, da er der hellste und sichtbarste ist. Wenn wir von seinen Bewegungen Rechenschaft gegeben haben, so werden ähnliche Beobachtungen und Schlüsse leicht die Bewegungen der andern Planeten auflösen, daß wir uns dahero bey ihren Erscheinungen nicht besonders aufhalten dürfen.

91. Daß sich Jupiter in einer Bahn bewegt, welche die Erdbahn einschließt und welche die Sonne zum Mittelpuncte hat, haben wir zu Anfange des lezten Kapitels gezeigt; es ist auch bemerkt worden, daß seine scheinbaren Bewegungen den Bewegungen der Erde ähnlich sind, wenn sie aus der Venus gesehen wird. Es ist uns dahero nur seine periodische Umlaufszeit und seine Entfernung von der Sonne zu bestimmen übrig.

Es stelle S (fig. 35) die Sonne, E die Erde, I den Jupiter, der Kreis Eea die Erdbahn, und der Kreis IiA die Bahn des Jupiter vor. Jupiter befinde sich in dem Gegenscheine. Die Erde rückt in ihrer Bahn fort und

*) Oder vielmehr vier obere Planeten. L.

wird nach 365 Tagen wieder in den Punct E ankommen; aber der Gegenschein wird sich alsdenn nicht ereignen, weil Jupiter in seiner Bahn unterdessen nach i fortgegangen ist. Die Erde muß dahero in dem Bogen Ee oder $33\frac{1}{2}$ Tage fortgehen, ehe sie ihn einholt. Es wird also die Winkelgeschwindigkeit des Jupiter durch $33\frac{1}{2}$ und die Winkelgeschwindigkeit der Erde durch einen ganzen Umgang (oder 365), dem $33\frac{1}{2}$ hinzugefügt worden, oder durch $398\frac{1}{2}$ ausgedrückt werden. Da sich aber die periodischen Umlaufszeiten umgewendet wie die Winkelgeschwindigkeiten verhalten; so ist die Winkelgeschwindigkeit des Jupiter $33\frac{1}{2}$ zu der Winkelgeschwindigkeit der Erde $398\frac{1}{2}$ wie die periodische Umlaufszeit der Erde 365 Tage zu der periodischen Umlaufszeit des Jupiter 4340 Tage *).

92. Da nun die priodische Umlaufszeit des Jupiter bekannt ist, so wird es leicht seyn seinen heliocentrischen Ort **) zu jeder Zeit vor oder nach dem Gegenscheine zu bestimmen, und wenn das Verhältniß seiner Entfernung von der Sonne zu der Entfernung der Erde von der Sonne bekannt ist, wird man ebenfalls seinen geocentrischen Ort ***) zu jeder Zeit finden. Das Verhältniß dieser Entfernungen findet man folgendergestalt.

Die Figur bleibe wie vorhero und man seze, die Erde habe sich von E nach C in einer gegebenen Zeit bewegt. Aus dieser Zeit kann man leicht die Größe des Winkels ESC finden. In eben der Zeit sey Jupiter nach B fortgerückt, so wird der Winkel ISB ebenfalls aus dem Verhältnisse dieser Zeit zur ganzen periodischen Umlaufszeit bekannt werden. Wenn man den Winkel ISB von ISC abziehet, so hat man den Winkel BSC. Aus der Beobachtung findet man den Winkel BCS oder den Elongations-

*) Da man hier kleinere Brüche weggelassen hat, so sind die periodischen Umlaufszeiten nicht vollkommen genau. A. d. V.

**) Aus der Sonne, als dem Mittelpuncte gesehen. A. d. V.

***) Aus der Erde, als dem Mittelpuncte gesehen. A. d. V.

winkel des Jupiter. Ziehet man die Summe beyder Winkel BSC und BCS von 180 Graden ab; so erhält man in dem Triangel CBS den Winkel CBS, und man schlüßt nach der ebenen Trigonometrie: Es verhält sich der Sinus des Elongationswinkels CBS der Erde, aus dem Jupiter gesehen, zu dem Elongationswinkel BCS des Jupiter, aus der Erde gesehen, wie die Entfernung CS der Erde von der Sonne zu der Entfernung BS des Jupiter von der Sonne.

93. Der Elongationswinkel der Erde, aus dem Jupiter gesehen, heißt die jährliche Parallaxe des Jupiter *), und ist allezeit dem Unterschiede seines heliocentrischen und geocentrischen Ortes in der Ecliptik gleich, welches eine kurze Betrachtung zeigt.

Durch ähnliche Beobachtungen an den obern Planeten Mars und Saturn ist es ausgemacht, daß sie sich um die Sonne herumbewegen, und daß ihre scheinbaren Bewegungen mit eben dergleichen Umständen verbunden sind, als die scheinbaren Bewegungen des Jupiter.

94. Bishero haben wir die Erscheinungen der Planeten so betrachtet, als wenn ihre Umläufe in kreisförmigen Bahnen geschähen, in deren Mittelpuncte die Sonne sich befände; dieses verhält sich aber nicht so. Die Zusammenkünfte, Gegenscheine, die ähnlichen Elongationen und die anderen abwechselnden Erscheinungen der Planeten kommen nicht genau in einerley Zeit wieder, und man findet ihre Entfernungen von der Sonne in verschiedenen Oertern ihrer Bahnen größer oder kleiner, wo ihre Winkelgeschwindigkeiten allezeit größer sind, wenn ihre Entfernung kleiner ist. So sehen wir aus dem größern Durchmesser der Sonne während des Winter halben Jahres, daß unsere Entfernung geringer ist; und daß unsere Geschwindigkeit zugenommen hat, erhellet aus der scheinbaren Bewegung der Sonne, da sie die halbe Ecliptik im Winter beynahe um 8 Tage eher durchläuft, als die an-

*) Oder auch die Parallaxe der jährlichen Erdbahn. L.

dere Hälfte im Sommer. Aus der Verschiedenheit der beobachteten Elongation oder Parallaxe sind die relativen oder verhältnißmäsigen Entfernungen der Planeten von der Sonne und ihre Geschwindigkeit in jedem heliocentrischen Orte gefunden worden. Und hieraus ergiebt sich, daß sie sich in elliptischen Bahnen in deren einem Brennpuncte die Sonne befindlich ist, und mit solchen Geschwindigkeiten bewegen, daß ein Halbmesser von der Sonne bis zu dem Planeten, der sich mit dem Planeten bewegte, gleiche Flächen in gleichen Zeiten beschreiben würde.

95. Die Entfernung des Mittelpunctes S (fig. 30) von einem Brennpuncte C der elliptischen Bahn heißt die **Eccentricität.** Die beyden Endpuncte L und U, der großen Axe oder des längsten Durchmessers werden **Apsiden** und der Durchmesser UL die **Apsidenlinie** genennet. Wenn der Brennpunct, aus welchem die gleichen Flächen beschrieben werden, in C ist; so sagt man, der Planet sey im **Perihelio** *), wenn er sich in L befindet, und in U im **Aphelio** *). Wenn die Erde im Perihelio ist, so sagt man, die Sonne sey in ihrem **Perigäo** **), und wenn die Erde sich im Aphelio befindet, so ist die Sonne im **Apogäo** **).

Die Eccentricitäten der Planeten sind so klein, daß ihre Bahnen einem Kreise sehr nahe kommen.

Wenn die Fläche der Erdbahn sich immerfort erweiterte, so würde sie in dem Weltraume einen Kreis bestimmen, den man die Ecliptik oder Sonnenbahn nennet. Wenn die Bahn eines andern Planeten in dieser Fläche liegt, so wird er, er mag aus der Erde oder aus der Sonne gesehen werden, allezeit in der Ecliptik erscheinen. Wenn aber die Fläche der Planetenbahn schief liegt gegen die Fläche der Ecliptik, so wird sie dieselbe nach einer Linie durchschneiden, die durch den Mittelpunct der Sonne gehet, und der Planet wird nur alsdenn, wenn er sich in den

*) Sonnennähe, Sonnenferne.
**) Erdnähe, Erdferne. L.

Durchschnittspuncten befindet, in der Ecliptik gesehen werden. Diese entgegengesezten Puncte in der Ecliptik heißen die **Knoten** und die Linie des Durchschnittes die **Knotenlinie.** Wenn ein Planet die Ecliptik von Süden gegen Norden durchschneidet, so nennet man ihn den **aufsteigenden Knoten**; und wenn er sie von Norden gegen Süden durchschneidet, heißt er der **niedersteigende Knoten.** Die Bahnen aller Planeten sind unter kleinen Winkeln gegen die Ecliptik geneigt.

Fünftes Kapitel.

Bestimmungen der Planeten.

96. Indem wir uns in die Stelle der Alten bey Entdeckung der Ordnung des Planetensystems versezten, haben wir kürzlich einige der gemeinsten Erscheinungen erklärt und ihre natürlichen Folgen angezeigt. Was wir gesagt haben, wird hinreichend seyn, denen die hiervon gar keine Kenntnisse besizen, zu zeigen, daß der Begriff eines Systems von Körpern, die sich um die Sonne herumbewegen, nicht eine bloße Vorstellung sey, sondern daß er sich auf sehr natürliche Folgerungen aus den Erscheinungen der Himmelskörper gründe. In Ansehung der Berechnungen, nach welchen die Oerter der Planeten in ihren elliptischen Bahnen bestimmt werden, verweisen wir den Leser auf die Schriften, wo dieser Gegenstand besonders abgehandelt wird, und wollen vielmehr verschiedene von den Bestimmungen der Himmelskörper aufzeichnen, wie sie durch genaue Beobachtungen der neuern Astronomen gefunden worden sind.

97. Sieben Planeten, Merkur, Venus, die Erde, Mars, Jupiter, Saturn und Uranus laufen um die Sonne in Bahnen, welche von einander nach der Ordnung eingeschlossen werden, wie wir ihre Namen angeführt haben, so daß Merkur der Sonne am nächsten ist. Diese heißen Hauptplaneten; außer ihnen giebt es noch zehn

Nebenplaneten, Monde oder Trabanten. Die Nebenplaneten machen ihre Umläufe um die Hauptplaneten, sie werden aber zugleich um die Sonne in der Bahn des Hauptplaneten fortgeführt. Saturn wird von fünf Monden, Jupiter von vier, und die Erde von einem Monde begleitet; sie sind alle, den lezten ausgenommen, weil sie klein und weit entfernet sind, unsichtbar, wenn man sich nicht eines Fernrohres von beträchtlicher Vergrößerung bedienet. Ohne dieser Beyhülfe würde es auch unmöglich seyn, die scheinbaren Durchmesser aller Himmelskörper, die Sonne und den Mond ausgenommen, zu bestimmen. Zur bequemern Uebersicht der Bestimmungen der Hauptplaneten mag folgende Tafel dienen.

Namen.	Merkur.	Venus.	Erde	Mars	Jupiter	Saturn.
Größte Elongation der untern und Parallaxe der obern Planeten.	22° 46′	46° 41′	—	41° 0′	11° 5′	6° 0′
Verhältnißmäßige mittlere Entfernungen von der Sonne	38710	72333	100000	152399	520116	953806
	T. St. M.	T. St. M.	T. St. M.	T. St. M.	T. St. M.	T. St. M.
Periodischer Umlauf — —	87. 23. 16.	224. 16. 49½.	365. 6. 9½.	686. 23. 27½.	4332. 12. 20½.	10759. 6. 36½
Zeit der Umwälzungen — —	unbekannt	0. 23. 0.	0. 23. 56.	1. 0. 40	0. 9. 56	unbekannt
Tägliche mittlere Bewegung in der Ecliptik.	4° 5′ 32″	1° 36′ 8″	0° 59′ 8″	0° 31′ 27″	0° 4′ 59″	0° 2′ 0″
Neigung der Bahnen gegen die Ecliptik	6° 54′	3° 24′	—	1° 52′	1° 20′	2° 30′
Excentricitäten — —	7970	517	1690	14100	25050	54400
Verhältniß der Erleuchtung —	700	200	100	43	$3\frac{1}{12}$	$1\frac{1}{10}$
Größte scheinbare Durchmesser geocentrisch.	0′ 11½″	1′ 25″	der Sonne 32′ 38½″	0′ 30″	1′ 4″	0′ 30″
Ort der Sonnenferne —	♐ 13° 7′ 54″	♒ 4° 19′ 54″	♑ 8° 1′ 10″	♍ 0° 31′ 54″	♎ 9° 9′ 54″	♐ 27° 49′ 54″
Ort des aufsteigenden Knotens	♉ 15° 1′ 54″	♊ 14° 25′ 54″	—	♉ 18° 29′ 54″	♋ 7° 19′ 54″	♋ 21° 49′ 54″
Mittlere Entfernungen von der Sonne in geographischen Meilen	31670930	59181740	81818450	124690500	425551000	780385350
Verhältniß der Durchmesser zum Durchmesser der Sonne = 10000	36	114	90	$81\frac{1}{2}$	1738	1256
Durchmesser in geographischen Meilen, der Durchmesser der Sonne hält 776970.	2825	8841	6875	6335	135079	97566

(Diese von dem Verfasser angegebenen Bestimmungen kommen zwar, theils wegen der Schwierigkeit des Gegenstandes, theils weil derselbe andere Maaße angenommen hat, nicht mit andern durchgängig überein; sie können aber um so mehr zur Vergleichung dienen. Von den geographischen Meilen des Verfassers gehen 60 auf einen Grad, wie aus einer Anmerkung des folgenden Kapitels erhellet. Um jedoch die sehr bequemen und bey uns gebräuchlichen Bestimmungen der Entfernungen und der Durchmesser in Halbmessern der Erde und geographischen Meilen, deren 15 auf einen Grad des Aequators gehen, und wovon jede 3807 französische Klafter hält, zu benuzen und die Elemente des neuen Planeten nicht zu übergehen, füge ich folgende Tafel bey, welche ich aus des Herrn Prof. Bode Erläuterung der Sternkunde und aus dessen Abhandlung von dem neuentdeckten Planeten zusammengetragen habe.

Es ist noch zu bemerken, daß der Ort der Sonnenferne und des aufsteigenden Knotens veränderlich und mit dem Hr. Prof. Bode auf das Jahr 1780 angegeben sind. In 10 Jahren rückt der Ort der Sonnenferne bey dem Saturn 13′ 20″; dem Jupiter 12′; dem Mars 11′ 40″; der Erde 11′; der Venus 9′ 26″ dem Merkur 8′ 46″ fort; der Ort des Knotens aber bey dem Saturn 3′; dem Jupiter 8′ 20″; dem Mars 6′ 21″, der Venus 5′ 10″ und dem Merkur 8′ 20″. L.)

Namen.	Merkur.	Venus.	Erde	Mars.	Jupiter.	Saturn	Uranus
Verhältnißmäßige mittlere Entfernungen von der Sonne.	387	723	1000	1524	5201	9540	19078
Tropischer Umlauf — —	T. St. M. 87, 23, 14.	T. St. M 224, 16, 41.	T. St. M. 365, 5, 48.	J. T. St. M. 1, 321, 16, 18	J. T. St. M. 11, 312 14 58	J. T. St. M. 29, 157, 1, 21	Jahr. Mon. 83, 4.
Zeit der Umwälzung —	—	St. M. 23. 20.	St. M. 23, 56.	St. M. 24, 40.	S. M. 9, 56.	—	—
Tägliche mittlere Bewegung in der Ecliptik.	4° 5′ 33″	1° 36′ 8″	0° 59′ 8″	0° 31′ 27″	0° 4′ 59″	0° 2′ 1″	—
Neigung der Bahn gegen die Ecliptik	7°	3° 23′	—	1° 51′	1° 19′	2° 30′	43′ 35″
Eccentricität, die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne 1000 angenommen.	80	5	17	142	251	544	820
Verhältnißmäßige Erleuchtung	625	204	100 der Sonne	44′ 1	3,7	1,2	0,27
Größte scheinbare Durchmesser	13′ 1″	60′ 7″	32′ 30″	29, 9″	49″	21, 5″	4″
Ort der Sonnenferne — —	♐ 13° 53′	♒ 7° 47′	♑ 9° 11′	♍ 2° 7′	♎ 11° 10′	♑ 0° 20′	
Ort des aufsteigenden Knotens —	♉ 15° 54′	♊ 14° 39′	—	♉ 18° 15′	♋ 8° 41′	♋ 21° 29′	♊ 11° 49,
Mittlere Entfernungen von der Sonne in Erdhalbmessern.	9388	17540	24260	36972	126176	231440	462857
Verhältnißmäßige Durchmesser, der Durchmesser der Sonne = 11279.	41	97	100	67	1139	1010	445
Durchmesser in geographischen Meilen, wovon der Durchmesser der Sonne = 193893 enthält.	708	1668	1719	1153	19586	17362	7652

Sechstes Kapitel.

Von der Parallaxe und dem Durchgange der Venus.

98. Eine der gewöhnlichsten Arten Entfernungen zu messen, zu denen man nicht kommen kann, ist diese; daß aus zween Standörtern, deren Entfernung von einander bekannt ist, die Winkel gefunden werden, welche die Linien, die man sich von jedem Standorte bis an den entfernten Gegenstand gezogen denkt, mit der Standlinie einschließen. Wenn dahero die Entfernung zwischen A und B (fig. 36), wie auch die Winkel CAB und CBA bekannt sind, so kann die Entfernung AC oder BC nach der ebenen Trigonometrie leicht gefunden werden.

Man seze, der Gegenstand C, wenn er aus B (fig. 36) gesehen wird, bedecke einen andern Gegenstand S, dessen Entfernung unendlich groß ist; so wird der Gegenstand C, aus A gesehen, nicht in eine Linie mit S fallen. Denn es wird der Gegenstand S wegen seiner großen Entfernung nach der Linie AS mit BS parallel und C wird nach der Linie AC gesehen, wo der Winkel SAC der Unterschied zwischen den scheinbaren Oertern, aus A und B gesehen, ist. Dieser Winkel wird, weil AS mit BS parallel ist, allezeit dem Winkel ACB gleich seyn, und wird von den Astronomen die **Parallaxe** genennet, die in Ansehung der Linie AB verschiedene Namen erhält; denn sie heißt zum Beyspiel die **jährliche Parallaxe**, wenn AB der Halbmesser der jährlichen Bahn ist; die **horizontale Parallaxe**, wenn AB die Entfernung des scheinbaren von dem wahren Horizonte ist, u. s. f.

Es ist beynahe unnöthig anzumerken, daß je länger die Linie AB in Ansehung der Entfernung C ist, der Winkel ACB desto größer sey, und daß je größer der Winkel ist, die Entfernung bey einem kleinen Irrthume desto weniger unrichtig seyn werde. Die Standlinie AB muß daher so groß als es möglich oder schicklich ist, angenommen werden.

99. Man findet die Entfernungen der Planeten von der Sonne trigonometrisch, indem man die Entfernung der Erde von der Sonne zur Standlinie annimmt. Da jedoch diese Linie nicht würklich gemessen werden kann, so sind es blos verhältnißmäsige oder relative Entfernungen, wo die Entfernung der Erde von der Sonne in 100000 gleichen Theilen angenommen wird; ob aber diese Theile englische oder französische Meilen sind, oder eine andere bekannte Länge haben, ist noch nicht bestimmt worden. Die würklichen Entfernungen müssen dahero durch eine Parallaxe, deren Standlinie bekannt ist, gefunden werden.

100. Der Durchmesser der Erde ist die längste gerade Linie, deren Länge wir durch Messung erhalten können, und er wird durchgängig als Standlinie gebraucht, um die Entfernungen der Himmelskörper aus ihrer Parallaxe zu bestimmen; welche Parallaxe folgendermaaßen gefunden wird.

Es sey ABO (fig. 37) die Erde, C ihr Mittelpunct und Z der Scheitelpunct (Zenith), oder derjenige Punct in dem Himmelsraume, welcher über den Punct O auf ihrer Oberfläche senkrecht ist; so wird CH der wahre und OK der scheinbare Horizont seyn. Gesezt ein Beobachter in C sehe einen Himmelskörper in Z, so wird die Bewegung der Erde verursachen, daß er sich in sechs Stunden scheinbar durch den Quadranten ZH bewegt, und zu Ende dieser Zeit wird er ihn in dem Horizonte bey H sehen. Einem Beobachter in O aber wird er in dem Horizonte erscheinen, wenn derselbe in K angekommen und den Bogen ZK oder den rechten Winkel ZOK während einer Zeit durchlaufen hat, die eben so viel kleiner gegen sechs Stunden als der Bogen ZK kleiner gegen ZH oder 90° ist. Wenn dahero die Zeit, während welcher ein Himmelskörper von dem Zenith bis an den scheinbaren Horizont fortrückt, bekannt ist, so kann der Winkel OKC oder die horizontale Parallaxe gefunden werden. Denn es verhalten sich sechs Stunden zu 90 Graden, wie die beobachtete Zeit zu dem Bogen ZK; welcher von 90 Graden abgezogen den Bogen

KH oder den Winkel KCH übrig läßt, der dem Winkel OKC oder der horizontalen Parallaxe gleich ist.

Hat man die horizontale Parallaxe gefunden, so erhält man die Entfernung des Himmelskörpers auf folgende Art. Es verhält sich nämlich in dem Triangel OKC der Sinus des parallactischen Winkels OKC zu dem Halbmesser der Erde OC, wie der Halbmesser oder der Sinus von 90 Graden zu der Entfernung CK.

Die Fixsterne haben keine Parallaxe, weder eine horizontale noch jährliche; woraus folgt, daß ihre Entfernungen über alle Vergleichung größer sind, als die Entfernung der Erde von der Sonne.

101. Die Sonnenparallaxe ist so ausserordentlich klein, daß die besten Instrumente in den Händen der geübtesten Beobachter kaum mehr ausrichteten, als daß man wußte, daß es eine gebe. Um dieser Schwierigkeit zu begegnen, bemühete man sich um die horizontale Parallaxe der nähern Planeten, insbesondere des Mars, wenn er im Gegenscheine war, wo er alsdenn der Erde noch einmal so nahe, als diese der Sonne ist und dahero eine noch einmal so große Parallaxe hat. Da aber diese Parallaxe *) noch nicht eine halbe Minute betrug; so gaben die unvermeidliche Unsicherheit bey der Beobachtung und andere Umstände keine hinreichende Genauigkeit, um die Entfernung bis auf den dreyßigsten Theil des Ganzen zu bestimmen. Die Art, wie man die Entfernung der Sonne findet, wenn die Entfernung des Mars von der Erde im Gegenscheine bekannt ist, läßt sich leicht einsehen. Es sey S (fig. 38) die Sonne, E die Erde und M Mars im Gegenscheine; so wird EM die Entfernung des Mars von der Erde und also der Unterschied zwischen MS und ES oder zwischen den verhältnißmäßigen Entfernungen des Mars und der Erde

*) Cassini zu Paris und Richer zu Cayenne fanden z. B. die Parallaxe des Mars von $25\frac{1}{2}$ Secunden; woraus folgte, daß die Sonnenparallaxe nicht über 10 Secunden betragen könne. L.

von der Sonne seyn. Die verhältnißmäsigen Entfernungen sind bekannt; es verhält sich dahero der Unterschied zwischen den verhältnißmäsigen Entfernungen des Mars und der Erde von der Sonne, zu der verhältnißmäsigen Entfernung der Erde von der Sonne, wie die Entfernung des Mars von der Erde im Gegenscheine, oder der Unterschied zwischen ihren wahren Entfernungen von der Sonne zu der wahren Entfernung der Erde von der Sonne.

102. Verschiedene andere Methoden zu Entdeckung der Sonnenparallaxe wurden von den Alten erdacht, welche der Absicht noch weniger, als die vorhergehende, entsprachen, ob sie gleich von dem scharfen und durchdringenden Verstande ihrer Erfinder zeugten. Wir wollen sie dahero mit Stillschweigen übergehen, und von derjenigen eine kurze Nachricht geben, welche wir dem großen Halley zu verdanken haben, und durch welche die Entfernung der Sonne bis auf den fünfhundertsten Theil des Ganzen bestimmt worden ist.

Der Planet Venus gehet, wie gezeigt worden ist, während eines Umlaufes von einer Elongation bis er wieder in dieselbe Lage kommt, zweymal vor der Sonne vorbey; und alsdenn sagt man, er befinde sich in der Zusammenkunft mit der Sonne.

Wenn sich Venus in einer Linie zwischen der Sonne und Erde befindet, so sagt man, sie befinde sich in der untern Zusammenkunft, und wenn sie sich in dem entgegengesezten Theile ihrer Bahn befindet, wo die Sonne in einer Linie zwischen ihr und der Erde ist, sagt man, sie sey in ihrer obern Zusammenkunft. Lägen nun die Bahnen der Erde und der Venus in einerley Ebene; so würde folgen, daß Venus in jeder obern Zusammenkunft mit rechtläufiger Bewegung hinter der Sonne weggehen, und durch oder vor der Sonnenscheibe mit rückgängiger Bewegung in jeder untern Zusammenkunft vorbeygehen werde. Allein, da die Venusbahn gegen die Ecliptik unter einen Winkel von beynahe $3\frac{1}{2}$ Graden geneigt ist, so wird sie gemeiniglich nordwärts oder südwärts bey der Sonne vorbeygehen,

und wird alsdenn nur vor ihrer Scheibe sichtbar seyn, wenn die untere Zusammenkunft in oder beynahe in einen der Knoten fällt. Dieses ereignet sich aber nur nach mehr als 120 Jahren; zuweilen ereignet es sich auch in 8 Jahren zweymal.

Damit man einsehe, wie dieser Durchgang zu Bestimmung der Entfernung der Sonne angewendet wird, wollen wir die Elemente, welche man vor oder gleich nach der würklichen Beobachtung zu der Berechnung nöthig hat, übergehen und blos die Grundsäze überhaupt erklären, worauf sich diese Bestimmungsart gründet.

Es sey S (fig. 39) die Sonne, E die Erde, V, u, v der Planet Venus in verschiedenen Ständen, der Bogen LN ein Theil der Erdbahn und der Bogen OM ein Theil der Venusbahn. Da nun die Winkelgeschwindigkeiten der Venus und der Erde, wie auch ihre verhältnißmäsigen Entfernungen bekannt sind; so wird es leicht seyn, die Zeit zu berechnen, während welcher Venus durch den Bogen Vv, der von der Erde aus gesehen dem sichtbaren Durchmesser (oder der Sehne) der Sonne CD gleich ist, gehet; und die heliocentrische Länge oder der Bogen Vv wird ebenfalls leicht gefunden werden. Man nehme an, der Beobachter befinde sich in A auf der Oberfläche der Erde und sehe den Planet Venus in V, so würde er ihn in die Sonnenscheibe bey C eingetreten sehen, und indem Venus durch den Bogen Vv fortrückt, würde sie die Linie CD zu beschreiben scheinen, da sie in D zu Ende der berechneten Zeit ankommen würde. Allein während dieser Zeit wird der Beobachter mit der täglichen Bewegung der Erde von A gegen P fortrücken, und wenn er in P in demselben Augenblicke, als Venus in u angekommen ist, wird er das Ende des Durchganges in D beobachten; es wird also die Dauer desselben um eben so viel kürzer, als die berechnete Zeit seyn, um so viel der heliocentrische Bogen Vu kleiner, als Vv ist. Der Bogen Vv ist aus der Berechnung bekannt; es wird sich dahero, weil die Bewegung der Venus in sehr kleinen Bogen als gleichförmig angesehen werden

kann, die berechnete Zeit zu dem berechneten Bogen Vv, wie die beobachtete Zeit zu dem Bogen Vu verhalten; welcher von Vv abgezogen den Bogen uv, der den Winkel uDv mißt, übrig läßt. Dieser leztere Winkel ist die Parallaxe der Linie AP; und diese Standlinie AP findet man folgendermaaßen: Es verhält sich ein Tag oder 24 Stunden zu dem Umkreise der Erde (oder des Parallelkreises der Breite), wie die beobachtete Zeit zu dem Bogen AP, dessen Sehne die Standlinie ist.

103. Weil aber bey dergleichen Unternehmungen die kleinsten Fehler von sehr großen Folgen sind, und weil die Länge des Bogens Vv schwerlich in dem hohen Grade der Genauigkeit, als erfoderlich ist, bestimmt werden kann; so ist es rathsam, eine andere Beobachtung unter dem gegenüberstehenden Meridian der Erde zu unternehmen, wo der Beobachter nach einer Richtung, die der vorigen entgegengesezt ist, sich scheinbar bewegt, und die Fehler sich einander aufheben können.

Es bleibe alles wie in der vorigen Figur. Wenn die Sonne zur Zeit des Durchganges eine Abweichung hat; so wird B (fig. 40) den Pol vorstellen, nach welchem sie abweicht. Der Beobachter in A würde, wenn er in Ruhe wäre, den Durchgang während der Zeit, als Venus von V nach v rückt, beobachten; indem er aber mit dem täglichen Umlaufe der Erde sich von A durch den Bogen AEP nach P bewegt und in P in demselben Augenblicke, als Venus in u ankömmt, so wird er das Ende des Durchganges in D beobachten; folglich wird die Dauer des Durchganges um so viel länger als die berechnete Zeit seyn, um so viel der heliocentrische Bogen Vu größer ist, als Vv. Da nun Vu nach dem vorhergehenden Verhältnisse gefunden worden; so ist der Unterschied zwischen Vu und Vv oder vu die Parallaxe von AP wie vorhin.

In diesen beyden Fällen wird einerley Irrthum eine entgegengesezte Würkung haben. Denn wenn durch einen Irrthum der berechnete Bogen Vv (fig. 39) zu groß angenommen worden, so wird der Bogen uv und folglich die

Parallaxe zu groß werden. Wenn aber bey der lezten Beobachtung der berechnete Bogen Vv (fig. 40) zu groß angenommen worden, so wird der Bogen vu und folglich die Parallaxe zu klein werden. Es wird dahero das Mittel zwischen zwo solchen Beobachtungen viel zuverlässiger, als eine jede insbesondere seyn.

Aus den Beobachtungen des Durchganges der Venus durch die Sonne in den Jahren 1761 und 1769 hat man die mittlere Sonnenparallaxe $8\frac{2}{3}$ Secunden gefunden und hieraus die Entfernung der Sonne von der Erde sehr nahe auf 11900 Erddurchmesser, oder auf 81818450 geographische Meilen *) berechnet.

Die lezten drey Bestimmungen der Planeten in dem fünften Kapitel sind aus dieser Entfernung hergeleitet; denn es verhält sich die verhältnißmäsige Entfernung der Erde, zu ihrer wahren Entfernung, wie die verhältnißmäsige Entfernung eines andern Planeten zu seiner wahren Entfernung.

(Das Mittel aus dem, was in Ansehung der Sonnenparallaxe die vollständigsten und genauesten Berechnungen geben, ist nach de la Lande 8″,59; wofür der Herr Prof. Bode §. 472 im 1 Th. seiner Erläuterung der Sternkunde 8″,5, als die der Wahrheit sehr nahe kommende mittlere horizontale Parallaxe der Sonne annimmt. Diese Parallaxe giebt nach dessen Bestimmung den mittlern Abstand der Erde von der Sonne, 24260 Erdhalbmesser oder 20851500 deutsche Meilen, auf den Halbmesser $859\frac{1}{2}$ deutsche Meilen gerechnet. L.)

*) Eine geographische Meile ist $\frac{1}{60}$ eines Grades der Erde, und $69\frac{1}{2}$ englische Meilen machen einen Grad. A. d. V.

In Deutschland rechnet man nur 15 geographische oder deutsche Meilen auf einen Grad des Aequators. L.

Siebentes Kapitel.

Von den Nebenplaneten.

104. Es giebt zehen Nebenplaneten *), wie oben angemerkt worden; fünf Nebenplaneten beschreiben ihre Bahnen um den Saturn, viere um den Jupiter, und einer begleitet die Erde. Die Nebenplaneten des Saturn und Jupiter beobachtet man durch Fernröhre, und durch ihr Fortrücken in die östliche und westliche Elongation von ihrem Hauptplaneten erhält man eine Kenntniß von ihren Entfernungen und periodischen Umlaufszeiten auf eben die Art, welche wir schon bey dem Planeten Venus angeführt haben. Saturn hat außerdem eine Erscheinung, welche uns als ein großer breiter Ring von keiner sichtbaren Dicke vorkömmt. Seine Breite ist seinem Abstande von dem Planeten gleich und sein Durchmesser verhält sich zum Durchmesser des Saturn wie 9 zu 4. Die wahrscheinlichste Vermuthung ist, daß er aus einer sehr großen Anzahl Trabanten bestehe, die sich in demselben herumbewegen und diese Gegend erleuchten.

*) So viel nämlich bishero von den Astronomen entdeckt worden sind. Der neue Planet ist bis in das Jahr 1781 als Planet unbekannt geblieben; es können dahero theils Haupttheils Nebenplaneten noch bis izt unbemerkt ihre Bahnen durchlaufen: Einige Astronomen wollen auch einen Venustrabanten beobachtet haben; Franciscus Fontana im J. 1645; Cassini in den Jahren 1672 und 1686; Short 1740; Montaigne 1761 vier Abende hintereinander; Redkier und Horrebow 1764. Er ist aber ausser dem Herrn Insp. Köhler von keinem Astronomen, ob sie gleich in den Jahren 1761, 1769 und 1777 sehr viele Sorgfalt darauf gewendet haben, entdeckt worden. Der Herr Insp. Köhler sah ihn nämlich im J. 1777 und entdeckte, daß die Ursache seines Entstehens in der schiefen Stellung des Objectivs liege, und nicht, wie Herr Pater Hell in den Ephemeriden 1766 vermuthet, ein vom Auge auf das Ocular und von da auf das Auge reflectirtes Bild der Venus sey. Wittenb. Wochenblatt. 1777. St. 50. L.

105. Die Zeit des periodischen Umlaufes der fünf Monde des Saturn ist

I.	II.	III.
1 T. 21 St. 19 M.	2 T. 17 St. 41 M.	4 T. 13 St. 47 M.

IV.	V.
15 T. 22 St. 41 M.	79 T. 22 St. 41 M.

und ihre Entfernung in Halbmessern des Ringes

I.	II.	III.	IV.	V.
$1\frac{25}{100}$	$2\frac{5}{10}$	$3\frac{52}{100}$	$8\frac{9}{100}$	$23\frac{71}{100}$.

Die periodische Umlaufszeit der vier Jupitersmonde ist

I.	II.
1 T. 18 St. 27 M. 34 S.	3 T. 13 St. 13 M. 42 S.

III.	IV.
7 T. 3 St. 42 M. 36 S.	16 T. 16 St. 32 M. 9 S.

und die Entfernung in Halbmessern des Jupiter

I.	II.	III.	IV.
$5\frac{667}{1000}$	$9\frac{17}{1000}$	$14\frac{384}{1000}$	$25\frac{299}{1000}$

*).

106. Alle Planeten so wohl Haupt- als Nebenplaneten erhalten ihr Licht von der Sonne. Dieses erhellet daraus, weil nur die Fläche, welche ihr zugekehrt ist, erleuchtet wird, wie man es noch deutlicher an unserm Mond sehen kann, von dem ein größerer oder kleiner Theil sichtbar ist, nach Beschaffenheit der Lage, in der wir uns bey Anschauung der erleuchteten Fläche befinden. Eben dieselben Abwechselungen siehet man an den Planeten Mars und Venus,

*) Die Bestimmungen des Herrn Cassini weichen von diesen etwas ab, den periodischen Umlauf der Trabanten des Jupiter ausgenommen, welcher bis auf wenige Secunden damit übereinkömmt. Nach denselben ist der periodische Umlauf und die Entfernung des Saturns-Trabanten, wie auch die Entfernung der Jupitersträbanten

I.	II.	III.	IV.	V.
T. St. M. S.	T. St. M. S.	T. St. M. S.	T. St. M. S.	T. St. M. S.
1. 21. 18. 27.	2. 17. 44. 22.	4. 12. 25. 12.	15. 22. 34. 38.	79. 7. 47. 0.
1,93	2,47	3,45	8,00	23,23
I.	II.	III.	IV.	
6,0	9,5	15,1	26,6	

L.

der Durchgänge der Venus und des Merkur vor der Sonnenscheibe nicht zu gedenken, welche zu der Zeit als schwarze dunkle Flecke erscheinen. Die Lichtgestalten des Jupiter und Saturn sind allezeit rund und voll, weil die Erde in Ansehung ihrer Entfernungen der Sonne so nahe ist, daß sie ihre dunkle Seite uns niemals merklich zukehren können; daß sie aber dunkle Körper sind, erhellet aus dem Verschwinden der Jupitersmonde, wenn sie in seinen Schatten treten. Ob wir nun wohl dergleichen Verfinsterungen der Trabanten des Saturn wegen ihrer sehr großen Entfernung nicht bemerken können, so können wir doch deutlich sehen, daß der Ring auf seinen Körper einen Schatten werfe; wodurch wir von der Dunkelheit beyder überzeugt werden. Denn wenn der Ring nicht dunkel wäre, könnte er keinen Schatten werfen, und wenn Saturn sein eigenes Licht hätte, so würde die Unterbrechung des Sonnenlichtes auf ihm keine Verfinsterung oder Schatten hervorbringen. Es ist fast unnöthig zu bemerken, daß die Erde und ihr Mond blos auf dem Theile oder auf der Seite erleuchtet sey, auf welchen die Sonne scheinet.

107. Wenn ein Planet dem andern einen Theil des Sonnenlichtes unterbricht; so sagt man, der Planet, welcher des Lichtes beraubt wird, werde **verfinstert**, wenn der erste ein Nebenplanet ist. Wenn aber beyde Hauptplaneten sind; so sagt man, der Planet sey im **Durchgange**. Wenn der Mond der Erde das Sonnenlicht unterbricht, pflegt man es gemeiniglich eine Sonnenfinsterniß zu nennen, obgleich eigentlich die Erde verfinstert wird.

Die Trabanten des Jupiter werden, von der Erde aus gesehen, auf dreyfache Art unsichtbar; denn es sey S (fig. 41) die Sonne, E die Erde in ihrer Bahn, I Jupiter nebst seinen Monden, so wird zum Beyspiele der entfernteste Trabant vor der erleuchteten Fläche des Jupiter, wenn er in seiner untern Zusammenkunft M ist, verschwinden. Er wird ebenfalls unsichtbar, wenn er in seiner obern Zusam-

menkunft N sich hinter den Planeten verbirgt, und endlich wird er verschwinden, wenn er in O ist, wo er bey dem Durchgange durch den Schatten des Jupiter verfinstert wird.

108. Aus diesen Betrachtungen hat man eine sehr gute Bestimmungsart der Parallaxe der jährlichen Erdbahn hergeleitet. Zu dieser Absicht muß man den Augenblick, wo der Trabant hinter den Jupiter zuerst verschwindet, und den Augenblick, wo er wieder sichtbar wird, sorgfältig beobachten; so wird der mittlere Augenblick der Augenblick seiner obern Zusammenkunft in N seyn. Auf eben die Art findet man den mittlern Augenblick der Verfinsterung in O; so wird die Zeit, während welcher der Trabant durch den Bogen NO fortrückt, und folglich der Winkel NIO bekannt seyn. Denn es verhält sich die periodische Umlaufszeit des Trabanten zu der Zeit, in welcher er durch den Bogen NO läuft, wie die ganze Bahn oder 360 Grade zu dem Winkel NIO. Es ist aber der Winkel NIO dem Winkel EIS oder der jährlichen Parallaxe gleich.

109. Aus den Beobachtungen dieser Finsternisse kann man auf dem festen Lande die Längen der Oerter leicht finden; auf der See aber verhindert die heftige Bewegung des Schiffes den Gebrauch der Fernröhre. Es erhellet auch aus diesen Beobachtungen, daß das Licht von leuchtenden Körpern nicht augenblicklich fortgepflanzt werde; sondern daß es durch einen gegebenen Raum mit einer gewissen Geschwindigkeit gehe. Diese Geschwindigkeit ist unbeschreiblich groß, denn es gehet durch den ganzen Raum von der Sonne bis zu der Erde in ohngefähr acht Minuten oder in einer Secunde durch ohngefähr 170000 *) Meilen. Da der periodische Umlauf der Trabanten bekannt ist, so kann man leicht die genaue Zeit einer jeden

*) Der geographischen Meilen des Verfassers. Nach unsern geographischen Meilen ohngefähr durch 43000 Meilen in einer Secunde. L.

Verfinsterung derselben finden. Man hat aber gefunden, daß eine Reduction in Ansehung der Lage der Erde gegen den Jupiter nöthig sey, weil die Finsternisse eher geschehen, wenn die Erde in ihrer Bahn in F (fig. 41) ist, als wenn sie sich in einer größern Entfernung, zum Beyspiel in E befindet. Da es nun ungereimt seyn würde, wenn man annehmen wollte, daß die Bewegung der Erde auf die Bewegung so weit entfernter Himmelskörper einen Einfluß habe, so ist man durchgängig der Meynung, daß die Finsternisse dieserwegen später sich ereignen, wenn die Erde in E als wenn sie in F ist, weil das Sonnenlicht in dem ersten Falle durch einen um so viel größern Raum, so viel IE größer als IF ist, gehen müsse.

Achtes Kapitel.

Von dem Monde.

110. Da der Mond um die Erde herumläuft, so beweiset sein scheinbarer Durchmesser, welcher zu allen Zeiten und in allen Lagen beynahe dieselbe Größe behält, daß seine Entfernung von der Erde zu allen Zeiten beynahe dieselbe sey. Seine horizontale Parallaxe, wovon die mittlere ohngefähr 57′ beträgt, beweiset, daß er uns sehr viel näher sey, als die übrigen Himmelskörper und folglich viel kleiner.

111. Die merkwürdigste Erscheinung, welche sich dem Beobachter darbietet, ist die beständige Abwechselung der Gestalt, welcher der Mond unterworfen ist. Zuweilen erscheinet er ganz voll und rund, zuweilen halb und zuweilen mehr oder weniger als halb erleuchtet, indem er mit einer sehr großen Verschiedenheit der **Lichtgestalten** abwechselt. (Tab. 8). Diese Abwechselungen, welche allezeit bey einerley Elongation von der Sonne dieselben sind, beweisen, daß er sein Licht von ihr erhalte, da blos diejenige Fläche des Mondes erleuchtet wird, welche gegen die Sonne

gerichtet ist. Von dieser erleuchteten Fläche wird uns nach Beschaffenheit unserer Lage ein grösseres oder kleineres Stück sichtbar. Dieses kann nicht besser erläutert werden, als wenn man eine elfenbeinerne Kugel unter verschiedenen Lagen in den Sonnenschein bringt; es wird alsdenn dem Beobachter ein größerer oder kleiner Theil von der erleuchteten Fläche in die Augen fallen. Wenn sie der Sonne beynahe entgegengesezt ist, so daß das Auge des Beobachters sich beynahe zwischen ihr und der Sonne befindet, so wird die ganze erleuchtete Seite gesehen werden. Wenn man sie aber in einem Kreise gegen die Sonne bewegt, so wird der sichtbare erleuchtete Theil nach und nach abnehmen, und endlich verschwinden, wenn die Kugel gerade gegen die Sonne gehalten wird. Oder wenn man, um diesen Versuch unmittelbar auf unsern Gegenstand anzuwenden, die Kugel zu einer Zeit, wo der Mond und die Sonne zugleich sichtbar sind, gerade zwischen dem Auge des Beobachters und dem Monde hält, so wird der Theil der Kugel, den die Sonne bescheinet, vollkommen dieselbe Gestalt als der Mond selbst haben.

112. Die Bahn des Mondes ist gegen die Fläche der Ecliptik unter einem Winkel von ohngefähr $5\frac{1}{4}$ Graden geneigt. Sein periodischer Umlauf geschiehet in 27 Tagen 7 Stunden; weil aber die Sonne während dieser Zeit nach ihrer scheinbaren Bewegung durch einen beträchtlichen Bogen der Ecliptik fortrückt, so wird eine Zeit von ohngefähr $2\frac{1}{4}$ Tagen erfodert, ehe der Mond sie einholt. Wenn der Mond sich in einer Linie zwischen der Erde und der Sonne befindet, so heißt er der **Neumond** und wenn sich die Erde in einer Linie zwischen dem Mond und der Sonne befindet, so heißt er der **Vollmond**. Die Zeit zwischen zween auf einander folgenden Vollmonden heißt der synodische Umlauf, und ist aus obiger Ursache länger als der periodische Umlauf; er wird in $29\frac{1}{2}$ Tagen vollendet. Wenn der Neu- oder Vollmond sich in der Nähe des Knotens ereignet, so findet eine Finsterniß statt; bey dem Neu-

monde stehet der Mond zwischen der Sonne und der Erde und verursacht eine Sonnenfinsterniß, bey dem Vollmonde tritt der Mond in den Schatten der Erde und wird des Sonnenlichtes beraubt, da die Erde zwischen ihm und der Sonne stehet; dieses ist eine Verfinsterung des Mondes oder eine Mondfinsterniß. Zu anderer Zeit, wenn nämlich der Neu- oder Vollmond sich in einer Entfernung vom Knoten ereignet, läuft der Mond nordwärts oder südwärts der Ecliptik, daß er weder die Erde des Sonnenlichtes berauben noch in den Schatten der Erde treten und folglich sich keine Finsterniß ereignen kann.

113. Aus den Beobachtungen der Winkelgeschwindigkeit, der Parallaxe und des scheinbaren Durchmessers des Mondes hat man gefunden: daß er sich um die Erde in einer elliptischen Bahn bewege, in deren einem Brennpuncte sich die Erde befindet, und seine Geschwindigkeit sich so verhalte, daß der von seinem Mittelpuncte bis zum Mittelpuncte der Erde gezogene Halbmesser beynahe in gleichen Zeiten gleiche Flächen beschreibt.

Die Apsidenlinie oder die große Axe der Bahn des Mondes ist nicht fest oder unbeweglich; sondern sie bewegt sich ungleichförmig von Abend gegen Morgen, und vollendet ihren Umlauf fast in 9 Jahren.

Die Knotenlinie ist ebenfalls einer ungleichförmigen Bewegung von Morgen gegen Abend unterworfen und kommt beynahe in 19 Jahren herum.

Die **Variation** der Bewegung des Mondes in allen Theilen seiner Bahn ist der Unterschied zwischen seiner würklichen Bewegung und derjenigen Bewegung, welche er haben würde, wenn er in gleichen Zeiten gleiche Flächen beschriebe. Sie richtet sich vorzüglich nach seiner Elongation von der Sonne. Während seines Laufes von dem Neumonde bis zum ersten Viertel verliert er etwas an seiner Geschwindigkeit; von dem ersten Viertel bis zum Gegenscheine oder dem Vollmonde nimmt dessen Geschwindigkeit zu; von dem Gegenscheine bis zum lezten Viertel

verliert er wieder einen Theil seiner Geschwindigkeit, und von dem lezten Viertel bis zu der Zusammenkunft ist seine Geschwindigkeit wieder größer. Die verlorne Winkelgeschwindigkeit ist größer als der erhaltene Zuwachs; er vollendet dahero den ganzen periodischen Umlauf in längerer Zeit, als erfoderlich seyn würde, wenn der Mond keiner solchen Variation unterworfen wäre, sondern in gleichen Zeiten gleiche Räume beschriebe.

Diese Variation und die Verlängerung des periodischen Umlaufes ist größer, wenn die Erde in der Sonnennähe, und kleiner, wenn die Erde in der Sonnenferne ist; woraus folgt, daß alle seine Umläufe ungleich sind, da sie in dem leztern Falle in kürzerer Zeit als in dem erstern Falle vollendet werden.

114. Dieser verschiedenen Ursachen wegen ist bey dem Monde die Bestimmung des Ortes zu einer gegebenen Zeit allezeit eine sehr schwere Aufgabe gewesen, welche bis vor einigen Jahren mit keiner einigermaßen beträchtlichen Genauigkeit aufgelöset worden ist. In den leztern zwanzig Jahren *) richtete die von der englischen Regierung zu Entdeckung der Meereslänge niedergesezte Commission ihre Aufmerksamkeit besonders auf diesen Theil der Astronomie; sie gab Kalender heraus, in welchen die Elongation des Mondes von der Sonne und von gewissen Fixsternen auf jede drey Stunden bestimmt ist, und sezte die Schiffer in den Stand, die Lage des Schiffes innerhalb dreyßig Meilen zu bestimmen. Dieses ist auf langen Reisen von vorzüglichem Nuzen und wird gegenwärtig auf der königlichen Flotte und den ostindischen Compagnie-Schiffen sehr gebraucht.

*) Vor ohngefähr 26 Jahren hat der berühmte Tobias Mayer die besten und genauesten Mondtafeln bekannt gemacht, welche von der englischen Commission gebilliget wurden. Seine Erben erhielten eine Belohnung von 3000 Pfund Sterling. Die Tafeln selbst befinden sich auch in der Sammlung astronomischer Tafeln, welche unter der Aufsicht der königl. Preussischen Akademie herausgekommen sind. L.

Neuntes Kapitel.

Von den Kometen und dem Verhältnisse des Lichtes und der Wärme auf den Planeten.

115. Außer den sieben Hauptplaneten und ihren Monden oder Begleitern hat man eine besondere Art von **Irrsternen** beobachtet, welche man **Kometen** nennt. Diese erscheinen unerwartet an jedem Orte des Himmels und bewegen sich in sehr langen Ellipsen, in deren unterm Brennpuncte sich die Sonne befindet. Aus den Beobachtungen der Parallaxe hat man gefunden, daß sie bey ihrer ersten Erscheinung der Erde näher sind, als Jupiter: woraus folgt, daß sie viel kleiner sind als derselbe; denn wenn sie eben so groß wie Saturn wären, so würden sie auch in einer so großen Entfernung gesehen werden können.

Die Bahnen der Kometen sind gegen die Fläche der Ecliptik unter sehr großen Winkeln geneigt; sie sind dahero, ausgenommen in der Nähe der Knoten oder in denselben, insgemein zu weit von den Planetenbahnen nach Norden oder Süden entfernet, als daß sie das Weltsystem durch einen Stoß oder eine Annäherung an einen Planeten in Gefahr sezen sollten.

116. Wenn ein Komet bis auf eine gewisse Entfernung der Sonne nahe kömmt, so steigen von ihm Dünste und Nebel auf, welche man den **Schweif** nennt. Dieses zeigt, daß sie beträchtliche feinere und flüchtigere Theile haben als die Erde; denn der Schweif zeigt sich schon, wenn sie noch in einer entferntern und also kältern Gegend sich befinden, als Mars. Der Schweif ist allezeit nach der Himmelsgegend gerichtet, welche der Sonne vollkommen oder beynahe entgegengesezt ist; er ist größer, nachdem der Komet durch die Sonnennähe gegangen ist, als indem er sich der Sonne nähert, und ist sogleich nach seinem Durchgange durch die Sonnennähe am größten.

117. Der Theil von den Kometenbahnen, welcher von uns beobachtet werden kann, ist so klein in Verhältniß mit der ganzen Bahn, daß er bey den meisten nicht merklich von einer Parabel abweicht; es können dahero die Größen ihrer Bahnen und deren periodische Umläufe daraus nicht mit einiger Genauigkeit bestimmt werden. Aber aus der Wiederkunft der Kometen nach einem langen Zeitraume in dieselbe Himmelsgegend, und der Bewegung in derselben krummen Linie hat man die größte Ursache zu schlüßen, daß sie sich um die Sonne in sehr langen oder sehr eccentrischen Ellipsen bewegen; und daß sie sich nach demselben Geseze richten, daß sie nämlich in gleichen Zeiten gleiche Flächen beschreiben, finden wir in dem untern Theile ihrer Bahnen bestätigt. Der Komet, welcher in dem Jahre 1661 erschien, wurde vorhero in dem Jahre 1532 in derselben Bahn und unter denselben Umständen gesehen (fig. 42); woraus erhellet, daß sein periodischer Umlauf 129 Jahre betrage. Wenn er im Jahre 1790 wieder erscheinet, wird sich diese Uebereinstimmung noch mehr bestätigen. Auf eben die Art ist der in den Jahren 1531, 1607, 1682 und 1759 *) erschienene Komet bestimmt worden, daß er in ohngefähr 76 Jahren seinen Umlauf vollende. Der sehr merkwürdige Komet, welcher im Jahre 1680 beobachtet wurde, war eben derselbe, der im Jahre 1106 erschienen war; sein periodischer Umlauf ist 575 Jahr. Die Entfernung dieses Kometen von der Sonne in seiner Sonnennähe verhielt sich zur Entfernung der Erde von der Sonne in runder Zahl wie 6 zu 1000; seine Hize verhielt sich also damals zu der Wärme der Sonnenstrahlen bey uns im Sommer wie 1000000 zu 36, oder wie 28000 zu 1. Es ist aber die Hize des kochenden Wassers ohngefähr dreymal so groß, als die Wärme, welche

*) Dieser vom Halley zuerst verkündigte Komet ist 1758 den 25 Decbr. von dem geschickten Beobachter Palitsch, Landmanne in Prohlis bey Dresden, beobachtet worden. L.

die trockne Erde von den Sonnenstrahlen im Sommer empfängt, und die Hize des rothglühenden Eisens kann auf 3 bis 4 mal größer, als die Hize des kochenden Wassers geschäzt werden; es war dahero die Erhizung des Kometen, wenn man annimmt, daß er aus trockner Erde bestehe, auf 2000 mal größer, als die Hize des rothglühenden Eisens. Durch eine so gewaltige Hize haben ohne Zweifel die Dünste und Dämpfe und jede flüchtige Materie sogleich verzehrt und zerstreuet werden müssen *).

118. Wenn man die Kometen durch Fernröhre ansiehet, so haben sie das Ansehen einer glühenden Masse. Bey einigen ist der Kern sehr gut begrenzt und von einerley Farbe, bey andern ist er rauch, zerspalten und mit einem Dunste umgeben. Diese Merkmale aber sind bey den

*) Dieser Schluß von unserer Sommerwärme auf die Hize des Kometen scheinet mir etwas übereilt zu seyn; da man vorausfezen müßte, daß der Komet theils in Ansehung seines Körpers selbst, theils in Ansehung seines Dunstkreises dieselbe Beschaffenheit, als unsere Erde habe, und daß diese Flüssigkeit, welche bey uns die Empfindung der Wärme mittelbar hervorbringt und von der Sonne in Bewegung gesezt wird, auf der Oberfläche des Kometen eben die Würkung, als auf der Erdoberfläche äußere. Selbst auf unserer Oberfläche finden wir die Würkung dieser Flüssigkeit sehr verschieden. In dem heißen Erdstriche liegt auf den höchsten Bergen fast immerwährender Schnee, da unter derselben Breite in niedrigen Gegenden die Hize sehr beträchtlich ist. Hieraus so wohl, als aus den Versuchen mit dephlogistisirter Luft läßt sich schlüßen, daß die Wärme, welche wir empfinden, wenn man die Winde ausnimmt, theils von der reflectirenden Erdoberfläche und theils von der Beschaffenheit des Dunstkreises in Ansehung seiner Dichtigkeit und seiner Mischung von Luftarten abhänge, und daß, wie der Hr. Prof. Bode §. 609 in 2 Theile seiner Sternkunde sagt, die Lichtmaterie blos vermittelst der ihren verschiedenen Entfernungen angemessenen specifischen Bestandtheilen und Atmosphären auf den Oberflächen aller Planeten und Kometen bedürfnißmäsig Wärme hervorbringe. &.

Kometen nicht beständig; wenn sie sich der Sonne nähern, werden sie feuriger und glänzender, und wenn sie sich von ihr entfernen, scheinen sie kälter und zuweilen in Stücke zerbrochen, und einige verlieren ihren Glanz eher als andere. In allen Lagen erscheinet ein Komet, selbst dem bloßen Auge sehr verschieden von allen andern Himmelskörpern. Man bemerkt an ihnen weder den funkelnden Glanz der Fixsterne noch das beständige sanfte Licht der Planeten, sondern ein eigenthümlicher Schein unterscheidet sie sehr von ihnen, selbst wenn sie keine Schweife haben.

119. Die Anzahl der Kometen muß die Anzahl der Planeten sehr übersteigen. In den lezten vier Jahrhunderten sind auf 25 Kometen beobachtet worden, deren Bahnen man grösstentheils hinlänglich bestimmt hat, daß künftige Astronomen sie wieder zu erkennen im Stande sind. Wir haben aber Ursache zu glauben, daß während dieser Zeit viele andere, ohne bemerkt zu werden, erschienen sind.

Die lobenswürdige Wißbegierde, welche den menschlichen Geist antreibt, in den Werken der Natur zu forschen, findet keine Genugthuung in der bloßen Erzählung der Begebenheiten. Von der Weisheit des höchstens Wesens fast anschaulich überzeugt, machen wir immerfort Schlüsse, welche die Endzwecke der Dinge zur Absicht haben. Wir finden uns, zum Beyspiele, nicht befriedigt, zu wissen, daß Bäume wachsen; diese Kenntniß allein ist uns wenig wichtig ohne Aufmerksamkeit auf ihren Endzweck. Zu welcher Absicht wachsen sie? fragt man gemeiniglich. — Um das Aufsteigen der Dünste von den tiefern Gegenden der Erdoberfläche, in welchen sich der Regen sammlet und wo hingegen die Würkung der Sonne geringer ist, zu befördern; um den Vögeln einen Ruheplaz und den Erdthieren Schatten zu geben; um verschiedenen Geschöpfen Nahrung zu verschaffen u. s. f. Diese Art zu untersuchen hat man durchgängig angenommen, ohne an eine Möglichkeit solcher Dinge zu denken, welche ohne allen Endzweck da wären. Wir sind so weit entfernet, dergleichen Zweifel statt

finden zu lassen, daß wir, in Fall wir den Endzweck einer besondern Erscheinung nicht errathen können, allezeit zu schlüßen pflegen, er sey noch nicht entdeckt; nicht aber, daß kein solcher Endzweck da sey: denn das Daseyn eines Endzweckes wird allezeit als ausgemacht angenommen. Daß diese Art zu denken richtig ist, könnte leicht erwiesen werden; weil sie aber niemals, wenige ausgenommen, welche sich durch metaphysische *) Folgerungen aus falschen Grundsäzen hintergangen haben, bezweifelt worden ist, so würde es unnöthig seyn, uns hier darauf einzulassen.

120. Aus diesem Grunde bietet sich uns die Aufsuchung des Endzweckes der Planeten von selbst dar. Die Erde beweiset sich als einen Planeten, welcher den andern Planeten sehr ähnlich ist; wir kennen ihren Endzweck, nämlich eine Anzahl Bewohner aufzunehmen, und können nach der Analogie leicht schlüßen, daß die andern ebenfalls bewohnbare Welten sind; ob es gleich wegen ihrer verschiedenen Wärme glaublich ist, daß Wesen von unserem Baue und Gefühle nicht auf denselben leben könnten. Jedoch dürfte auch diese Behauptung wohl zu übereilt seyn; denn der wärmste Himmelsstrich auf dem Planeten Mars ist nicht kälter, als viele Gegenden in Norwegen oder Lappland im Frühlinge oder Herbste sind. Von dem Jupiter und Saturn muß man es eingestehen, daß es auf ihnen kälter sey, als in jeder unbewohnbaren Gegend unserer Erdkugel. Die größte Hize auf dem Planeten Venus übersteigt die Hize auf der Insel St. Thomä an der Küste von Guinea

*) Da die metaphysischen Gegenstände sehr abstract und in vielen Fällen wegen Mangel an Grundsäzen unbestimmbar sind; so bemerkt man selten, daß dergleichen Schriftsteller ihre Einbildungskraft ihrer Vernunft untergeordnet haben. Falsche Säze und Aehnlichkeiten sezt man an die Stelle logischer Schlüsse und auf allen Seiten trift man Irrthümer an. Es ist sehr zu beklagen, daß diese erhabene Wissenschaft sich noch in der Kindheit befinden soll, in welcher sie der große Locke gelassen hat. A. d. V.

oder auf Sumatra in Ost-Indien um so viel, als die Hize an diesen Orten die Wärme auf den Orkney-Inseln und in Stockholm übertrift; es würde dahero die Hize auf diesem Planeten unter 60 Graden nördlicher Breite, wenn seine Axe senkrecht auf der Fläche seiner Bahn ist, die grösste Hize auf der Erde nicht übersteigen, und folglich würde daselbst das Wachsthum der Pflanzen wie bey uns geschehen, auch die Thiere unserer Erde daselbst leben können. Wenn man annimmt, daß die Axe des Merkur dieselbe Lage habe, so wird unter den Polarkreisen von ohngefähr 20 Graden im Durchmesser dieselbe Wärme, wie in den wärmern Gegenden der Erde seyn, wiewohl in seinem heissesten Himmelsstriche das Wasser beständig kochen und die brennbarsten Körper verkohlt, zerstöhrt oder in Rauch aufgelöset werden würden. Es ist jedoch gar nicht nothwendig, daß die Planeten mit eben solchen Geschöpfen als unsere Erde besezt seyn müssen, der Schöpfer hat ohne Zweifel die Bewohner derselben nach ihrem Wohnort eingerichtet.

Aus dem, was wir gesagt haben, wird man sich einen bessern Begriff von der Wärme auf den Planeten machen, als man sich durch Zahlen verschaffen kann. Es ist unserer Absicht sehr wohl angemessen, wenn wir das Licht auf den obern Planeten mit unserem Tageslichte vergleichen; es wird daraus erhellen, daß ob sie gleich von der Sonne so weit entfernet, dennoch in keiner Finsterniß eingehüllet sind. Dieses könnte auf verschiedene Art mit Beyspielen bewiesen werden, als; durch einen in ein verdunkeltes Zimmer gefallenen Sonnenstrahl, der mit einem Papiere unter verschiedenen Richtungen aufgefangen wird; durch eine grössere oder geringere Anzahl Lichter, die in ein Gemach um es verhältnißmäsig zu erleuchten gesezt werden; oder durch verschiedene optische Hülfsmittel: wir wollen uns aber nicht dabey verweilen. Es wird zu Erläuterung unseres Gegenstandes hinreichend seyn, wenn wir deren verschiedene Licht-

stärke mit dem nächtlichen Mondscheine zur Zeit des Vollmondes vergleichen.

Wenn der Mond am Tage sichtbar ist, so kömmt dessen Licht beynahe dem Lichte heller Wolken gleich, daß man ihn von denselben mit Mühe unterscheidet. Sein Licht bleibt zur Nachtzeit eben dasselbe; da sich aber bey Abwesenheit der Sonne die Oeffnung des Auges oder der Stern erweitert, so wird es deutlicher. Wenn dahero der Himmel durchgängig mit gleich hellen Monden besezt wäre, so würde das dadurch entstandene Licht eben dasselbe seyn, als wenn am Tage der Himmel mit den vorhin bemerkten hellen Wolken bedeckt wäre. Es verhält sich aber dieses Tageslicht zu dem Mondlichte, wie der Himmelsraum oder die sichtbare Halbkugel zu der Mondscheibe; das ist beynahe wie 90000 zu 1. Das Licht des Saturns verhält sich zu dem Lichte auf der Erde wie $1\frac{1}{10}$ zu 100, und ist folglich 990 vollen Monden gleich. Das Tageslicht des Jupiter ist einem Lichte von 2775 Monden gleich, und das Licht des Mars erfodert 38700, eine so große Anzahl, daß die Monde fast einander berühren würden. Es ist dahero wahrscheinlich, daß die Kometen in den entferntesten Theilen ihrer Bahnen sich noch eines Lichtes erfreuen werden, welches dem Mondschein übertrift.

121. Wenn die Kometen bewohnt sind, so sind sie es auf eine Art, von der wir uns keinen Begriff machen können. Es giebt viele andere Endzwecke, zu denen sie wahrscheinlich erschaffen seyn können. Der flüssige Dampf oder Rauch, aus welchem ihre Schweife bestehen, kann bestimmt seyn, die Verminderung des flüssigen Wesens, welche auf den Planeten geschiehet, zu ersezen; da man sehr viel Ursache hat zu vermuthen, daß das Wasser bey dem Wachsthume der Pflanzen und andern Verrichtungen der Natur in Erde *) verwandelt werde. Oder sie können

*) Die Versuche des Herrn Lavoisier und Herrn Scheele zeigen, daß sich das Glas in kochendem Wasser mit der Zeit

dienen, um den Verlust an Materie zu ersezen, welchen die Sonne durch unaufhörliches Ausströhmen der Lichttheilchen leiden muß. Der Widerstand des Dunstkreises der Sonne und andere Umstände können nach einer großen Anzahl Umläufe verursachen, daß sie sich der Sonne nähern, auf dieselbe endlich fallen und einen Theil ihres Körpers ausmachen werden *).

Zehendes Kapitel.

Von dem Monde, durch Fernröhre betrachtet.

122. Hypothesen oder Vermuthungen sind in der Naturwissenschaft nur alsdenn zu gestatten, wenn wegen Mangel an Versuchen oder Beobachtungen ein weniger unsicheres Verfahren nicht erwählet werden kann. Sie dienen blos, um die Reihen von Untersuchungen auszuzeichnen, welche den Naturforscher in den Stand sezen, sie zu bestätigen oder zu verwerfen; bis diese Untersuchun-

auflöse; wodurch ältere Chymisten zu glauben verführt worden sind, daß sich das Wasser in Erde verwandele. Vielleicht kann es aber die Natur, wenn auch der Mensch es zu bewürken nicht vermögend wäre? und hierauf schränkt sich der Verfasser ein. Eben dieser Meynung ist auch der Herr Hofrath Ingen-Houß p. 196. 2 B. der vermischten Schr. zugethan, daß nämlich die Verwandlung des Wassers in Erde durch die Kräfte der Natur und vielleicht auch mittelst der Gewächse bewürkt werde. Da man jedoch bey den meisten Versuchen mit dem Wachsthume der Pflanzen erdhaltige Wasser genommen, auch in den Ellerschen Versuchen die erhaltene Erde von dem Glase hinzugekommen seyn kann; so hat man Ursache, dieses noch zu bezweifeln. L.

*) Diese Hypothese ist aus der Newtonischen Theorie des Lichtes entstanden. Man wünschte nämlich ein Mittel zu haben, wodurch die große Menge von Ausflüssen ersezt werden könnte. Wenn man aber mit dem Herrn Euler keine Ausflüsse annimmt; so ist man auch nicht genöthigt anzunehmen, daß sie einen Verlust leide. L.

gen angestellt worden sind, darf man sie für nichts mehr ausgeben, als sie würklich sind. Die sehr scheinbaren Hypothesen der Naturforscher, welche dem unsterblichen Newton gefolgt sind, wurden auf einige Zeit angenommen; da sie aber nicht auf einer beständigen Uebereinstimmung mit den Erscheinungen gegründet waren; so gedenkt man derselben izt nicht mehr, außer als Beweise, daß der größte menschliche Verstand unvermögend ist, die Erscheinungen der Natur durch Beweise aus Begriffen (a priori) zu erklären.

Die Beobachtungen, welche die Hypothesen von den Planetenwelten beweisen sollten, scheinen unser Vermögen zu übersteigen. Wir können schwerlich hoffen, optische Werkzeuge in der Vollkommenheit zu machen, daß ihre Einwohner uns sichtbar werden. Die Menge Luft, mit der wir umgeben sind, ist ein großes Hinderniß bey dem Gebrauche der Fernröhre, die wir schon haben, und schränkt ihre Vollkommenheit in gewisse Grenzen ein, welche wir nicht überschreiten können. Alles, was wir thun können, ist dahero, daß wir untersuchen, ob die Planeten mit solchen Dingen versehen sind, welche wir als nothwendig zum thierischen Leben anzusehen pflegen. Länder, Seen, Wolken, Dünste und eine Atmosphäre oder ein Dunstkreis sind Gegenstände, welche sich auf der Oberfläche einer bewohnbaren Welt erwarten lassen; wir wollen dahero gegenwärtig erzählen, was man in dieser Rücksicht unternommen hat.

123. Da der Mond uns sehr nahe ist, und zugleich dieselbe Temperatur des Lichtes und der Wärme hat; so bietet er sich als der schicklichste Körper zur Untersuchung dar. Wir unterscheiden mit bloßen Auge verschiedene Flecken, welche die Einbildungskraft sich als Seen, feste Länder und dergleichen vorstellet; bey einer genauern Beobachtung aber mit Hülfe eines Fernrohres bemerken wir, daß einige Erscheinungen von sehr dunkeln Vertiefungen oder Hölen und von erhabenen Oertern oder Bergen herrüh-

ren *). Die Höhen dieser Berge kann man leicht finden; denn aus der horizontalen Parallaxe wissen wir, daß die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde ohngefähr 60 Erdhalbmesser betrage, und sein mittlerer scheinbarer Durchmesser ist 32′ 12″; woraus nach der ebenen Trigonometrie folgt, daß sein wahrer Durchmesser sich zum Durchmesser der Erde, wie 100 zu 365 verhalte. Wenn wir dahero das Verhältniß der Höhe eines Mondberges zu dem Durchmesser des Mondes finden, so können wir auch leicht diese Höhe in Meilen oder in andern Maaßen unserer Erde bestimmen.

124. Diese Berge und Thäler erkennet man als solche aus ihrem Schatten. In dem ersten und andern Viertel, wenn die Sonne schief gegen die sichtbare Halbkugel des Mondes scheinet, werfen die erhabenen Oerter einen dreyeckigten Schatten der Sonne gerade gegenüber; da hingegen sind die Vertiefungen an den Seiten welche der Sonne am nächsten liegen, dunkel, und auf der entgegengesezten Seite erleuchtet. Diese Schatten werden kürzer, wenn die Sonne nicht unter so schiefer Richtung die vordere Mondfläche bescheinet, und verschwinden endlich ganz zur Zeit des vollen Mondes. Während des dritten und lezten Viertels erscheinen wiederum Schatten, aber alle fallen nach der entgegengesezten Seite des Mondes, wiewohl mit dem vorhergehenden Unterschiede; daß nämlich die Berge auf der von der Sonne entferntesten Seite dunkel und beschattet, und die Hölen an der Seite, welche der Sonne am nähesten liegt, dunkel sind. Dieses erhellet auch aus der Betrachtung des innern erleuchteten Mondrandes. Wenn der Mond durchgängig eine glatte Kugel wäre, so würde dieser Rand allezeit eine regelmäsige krumme Linie seyn; wenn er aber Erhöhungen und Hohlungen hat, so ist klar, daß die höhern Theile eher und die Hohlungen später erleuch-

*) Auf der 8 Tafel hat der Verfasser eine Mondkarte beygefügt. L.

tet werden müssen, als der übrige Theil der Oberfläche. Dieses ist aber hier der Fall, der uns zugleich ein Mittel zu Bestimmung der Höhen der Berge verschafft.

Um die Erklärung zu erleichtern, wollen wir annehmen, daß der Mond in seinem Viertel und der Berg von seinen Polen gleich weit entfernet, das ist, in seinem Aequator sey.

Es stelle der Kreis ABDG (fig. 43) den Mond, dessen Mittelpunct C ist, und E einen Ort auf der Erde vor; so wird ein Beobachter in E den Mond um die Hälfte AGD erleuchtet sehen und die Linie EC wird durch A oder den innern erleuchteten Rand gehen. Der Lichtstrahl SAB, welcher den Mond in A berührt, wird die Linie EC unter einem rechten Winkel durchschneiden, und die Spize des Berges B erleuchten. Man findet den Winkel AEB durch Beobachtung; so verhält sich in dem Triangel AEB der Sinus totus zu der Entfernung des Mondes BE, wie der Sinus des beobachteten Winkels AEB zu der Seite oder der Linie AB. Da nun in dem rechtwinklichten Triangel CAB die Seiten CA und AB bekannt sind; so wird vermöge der bekannten Eigenschaft dieses Triangels die Seite CB gefunden; es wird nämlich das Quadrat des Halbmessers CA zu dem Quadrate der Linie AB addirt, so giebt die aus dieser Summe gezogene Quadratwurzel die Seite CB. Wenn man endlich den Halbmesser des Mondes CF von der Linie CE abziehet, so bleibt FB oder die Höhe des Berges übrig.

Aus dergleichen Beobachtungen weiß man, daß die Mondberge verhältnißmäsig viel höher sind, als jeder Berg auf der Erde.

125. Daß der Mond von einer Atmosphäre oder einem Dunstkreise umgeben sey, wird aus vielen Beobachtungen der Sonnenfinsternisse wahrscheinlich, wobey man bemerkt, daß der Sonnenrand kurz vor ihrem Anfang zu zittern anfängt. An den Planeten hat man ebenfalls bemerkt, daß sich kurz vor dem Anfang ihrer Bedeckung von

dem Monde ihre runde Gestalt in eine länglichte verwandelt hat; welches keiner andern Ursache, als der Brechung ihres Lichtes durch den Dunstkreis des Mondes zugeschrieben werden kann. Viele Astronomen stehen in der Meynung, daß der Mond keine Atmosphäre habe, weil wir keine Wolken sehen, und weil die Fixsterne zur Zeit einer Bedeckung mit einem Male ohne einige stufenweise Verminderung ihres Lichtes, welche sie als nothwendig voraussezen, verschwinden. Wenn wir nun die Würkung seiner Tage und Nächte in Betrachtung ziehen, die beynahe dreyßigmal länger als die unsrigen sind, so können wir gern zugeben, daß das Aufsteigen der Dünste und die Lufterscheinungen sehr abweichend seyn mögen. Vielleicht werden ihre Wolken und Regen, wenn es welche giebt, nur während der Abwesenheit der Sonne sichtbar verdichtet; wenn sich dieses so verhält, so ist es kein Wunder, daß wir sie niemals sehen. In Ansehung der Fixsterne erhellet, daß wenn man auch bey dem Monde eine Atmosphäre von derselben Beschaffenheit und Größe, als unsere ist, annimmt, kein solcher Erfolg, wie die stufenweise Verminderung des Lichtes ist, statt haben oder wenigstens gesehen werden müsse. Man hat gefunden, daß unser Dunstkreis in einer Höhe von 44 Meilen *) so dünne sey, daß er unvermögend ist, auf die Lichtstrahlen zu würken. Diese Höhe ist $\frac{1}{180}$ des Erddurchmessers; weil man aber die Wolken niemals höher, als vier Meilen bemerkt hat, so ist zu schlüßen, daß die Höhe des neblichten oder dunkeln Theiles nur $\frac{1}{1980}$ des Durchmessers ausmache. Der mittlere scheinbare Durchmesser des Mondes ist 32′ 12″ oder 1932″; es muß dahero der dunkle Theil seines Dunstkreises von der Erde gesehen einen Winkel, der weniger als eine Secunde beträgt, abschneiden, welchen Raum der Mond in weni-

*) Ohngefähr $9\frac{1}{2}$ deutsche oder geographische Meilen; der Verfasser nimmt hier englische Meilen an, von welchen $69\frac{1}{2}$ auf einen Grad des Aequator gehen. L.

ger, als 2 Secunden Zeit durchläuft; ein Raum und eine Zeit, welche so klein sind, daß man schwerlich erwarten kann, durch Beobachtung zu bestimmen, ob die angegebene Verdunkelung statt finde oder nicht.

126. Der Mond drehet sich während der Zeit seines periodischen Umlaufes einmal um seine Axe. Dieses erhellet daraus, weil stets dieselbe Halbkugel oder dieselbe Seite gegen uns gekehret ist. Denn ein Beobachter in dem Monde würde während einer Umwälzung die Erde ganz durch die Ecliptik laufen sehen; und da dieselbe Seite des Mondes sich beständig gegen die Erde wendet, so muß er sich nach und nach gegen jeden Punct der Ecliptik wenden, nach welchem sich die Erde scheinbar bewegt. Wenn er sich aber nach jedem Punct eines größten Kreises nach und nach hinwendet, muß er sich um seine Axe wälzen. Aus dieser langsamen Umwälzung erhellet, daß die Bewohner des Mondes nur einen Tag und eine Nacht während eines Mondmonates haben.

Diese Umwälzung um seine Axe ist die einzige gleichförmige Bewegung, welche der Mond hat; es verursacht aber diese Gleichförmigkeit eine scheinbare Unregelmäsigkeit, welche man seine **Schwankung** nennt. Denn da die Bewegung des Mondes in seiner Bahn, wie gezeigt worden, nicht gleichförmig ist, so ist der Erfolg von dem Herumwenden seiner Scheibe gegen die Erde, auch eben denselben Unregelmäsigkeiten unterworfen. Denn, zum Beyspiele, in dem geschwindesten Theile seines Umlaufes wird die Bewegung in seiner Bahn seine Scheibe etwas mehr gegen die Erde wenden, als seine Umwälzung um seine Axe sie nach entgegengesezter Richtung wendet, und dahero scheinet er eine kleine Bewegung seiner Axe nach Morgen zu haben, wodurch einige mehr westliche Theile sichtbar werden, und ein eben so großes Stück seines östlichen Randes verschwindet. In dem langsamern Theile seines Laufes siehet man das Gegentheil, denn da alsdenn die Umwälzung um seine Axe größer ist, so werden die öst-

lichen Theile sichtbar und die westlichen verschwinden. Diese Schwankung wird die **Schwankung in der Länge** genennet.

Es giebt noch eine andere Schwankung, welche aus der Neigung der Mondaxe gegen die Fläche seiner Bahn entspringt, wodurch zuweilen einer von seinen Polen und zuweilen der andere gegen die Erde geneigt ist. Folglich sehen wir zu verschiedenen Zeiten bald mehr bald weniger von seinen Polargegenden. Diese Schwankung heißt die **Schwankung in der Breite.**

Elftes Kapitel.

Von der Sonne und Planeten, durch Fernröhre betrachtet.

127. Die Sonne ist nicht ohne Flecken auf ihrer Scheibe; sie sind aber selten so groß, daß sie mit bloßen Augen gesehen werden können. Wenn man das blendende Licht durch ein gefärbtes oder beräuchertes Glas mildert und sie durch ein Fernrohr betrachtet, so erscheinen sie in verschiedener Gestalt und Anzahl. Die größern Flecke, wovon einige die ganze Erde an Größe übertreffen, sind lange Zeit, zuweilen drey Monate sichtbar, ehe sie verschwinden, zu welcher Zeit sie sich gemeiniglich in Fackeln oder Flecke verwandeln, welche die Sonne an Glanz übertreffen. Ihre Gestalt ist nicht beständig, da sie dieselbe öfters während der Beobachtung verändern, auch sich ein Fleck zuweilen in verschiedene kleinere zertheilet. Gemeiniglich haben sie einen Kern oder mittlern Theil, welcher viel dunkler als der übrige Theil ist und von einem Nebel oder Rauche umgeben wird. Die wahrscheinlichste Meynung von denselben ist, daß sie von dem Rauche und der dunklen Materie, welche sehr große Vulkane oder brennende Berge auswerfen, hervorgebracht werden, und daß, wenn das Auswerfen beynahe geendiget ist und der Rauch sich zertheilet habe, die helle Flamme hervorbreche und als

Fackeln oder glänzende Flecke erscheine *). Im Jahre 1779 hat man öfters auf 30 und mehr Flecke gesehen; es hat aber auch Zeiten von länger als sieben Jahren gegeben, in welchen man keine bemerkt hat.

128. Alle Sonnenflecke haben eine scheinbare Bewegung von Morgen gegen Abend, welche, wenn sie dem Mittelpuncte der Sonnenscheibe nahe sind, geschwinder ist, als in der Nähe des Randes. Dieses beweiset, daß die Sonne eine Kugel sey und daß sie sich auch um ihre Axe von Morgen gegen Abend drehe. Ihr Umlauf wird in ohngefähr 27 Tagen **) vollendet. Aus der Bewegungslinie dieser Flecken, welche zuweilen gerade, öfterer aber krumm oder elliptisch ist, hat man entdeckt, daß ihre Axe auf die Fläche der Ecliptik nicht senkrecht stehe, sondern gegen sie geneigt sey; so daß sie mit der senkrechten Linie einen Winkel von ohngefähr 7 Graden einschließe. Wenn die Sonne ein glühender Körper ist, wie man aus der Analogie schlüßen kann; so darf man nicht zweifeln, daß sie mit einer sehr dichten Atmosphäre umgeben sey. Man hat dahero geglaubt, daß diese Atmosphäre die Ursache der aufsteigen-

*) Unter den verschiedenen Meynungen, welche man zu Erklärung der Sonnenflecken angenommen hat, möchte wohl folgende, welche der Herr Prof. Bode annimmt, eine der wahrscheinlichsten seyn: die Sonne sey eine dunkle planetische Kugel, die alle Ungleichheiten des festen Landes und der Meere auf ihrer Oberfläche zeige und in der Lichtmaterie, wie unsere Erde in ihrer Atmosphäre, eingehüllet sey. Die Sonnenflecke wären denn nichts anders, als kleine zuweilen von der Lichtmaterie entblößte Stellen der Sonnenländer oder Meere, welche nur ein geborgtes, auch größtentheils verschlucktes Licht uns zuwürfen, und dahero gegen den übrigen von der Lichtmaterie bedeckten Theil der Sonne dunkel erschienen. L.

**) Die Sonne kömmt zwar, von der Erde aus gesehen, in 27 Tagen 12 St. und 20 Minuten einmal herum, weil aber während dieser Zeit die Erde in ihrer Bahn ebenfalls fortgerückt ist; so geschiehet ihre Umwälzung um die Axe in 25 Tagen 14 St. 8 M. L.

den Dünste sey, welche die Schweife der Kometen ausmachen, und die allezeit nach der Himmelsgegend zu gerichtet sind, welche der Sonne entgegengesezt ist. Allein die Richtung dieser Dünste kann vielleicht aus der Würkung der Lichttheilchen, welche sie abstoßen, erkläret werden, und wenn es sich so verhält, so wird die Annahme einer so weit ausgebreiteten Atmosphäre um die Sonne unnöthig *).

129. Der Planet Merkur ist zu allen Zeiten der Sonne so nahe, daß wir blos eine Veränderung seiner Gestalt mit dem Fernrohre unterscheiden können; sie ist zuweilen wie ein halber Mond, und zuweilen etwas größer oder kleiner als ein halber Mond. Hieraus schlüßen wir, daß seine Gestalt kugelförmig sey, und daß er alles Licht von der Sonne empfange.

Die Venus hat durch Fernröhre betrachtet ein sehr schönes Ansehen. Zur Zeit ihrer größten Elongation erscheinet sie, wie der Mond in ihren Vierteln, wo nur eine Hälfte ihrer Scheibe erleuchtet ist. In dem untern Theile ihrer Bahn wird ihr erleuchteter Theil kleiner, indem ihre Elongation abnimmt, und sie erscheinet sichelähnlich oder mit Hörnern; nachdem sie durch ihre untere Zusammenkunft gegangen ist, erscheinet sie wieder sichelähnlich, jedoch mit zunehmender Lichtgestalt, und wird in ihrer größten Elongation wieder halb erleuchtet gesehen. In dem obern Theile ihrer Bahn, wenn ihre Elongation abnimmt, wird sie voller und runder, bis zu ihrer obern Zusammenkunft, nach welcher Zeit sie wieder in eben der Ordnung abnimmt, nach welcher sie vorhero zugenommen hatte. Diese Verschiedenheit der Lichtgestalten ist nicht schwer zu erklären; sie wird von den verschiedenen Lagen der Venus

*) Aus dem Dunstkreise der Sonne sucht H. v. Mairan das Thierkreislicht zu erklären. Er sagt nämlich in seiner Abhandlung vom Nordlichte: das Thierkreislicht ist nichts anders als der Dunstkreis der Sonne, als ein flüchtiges Wesen, als eine zarte sehr dünne Materie, die entweder an sich selbst lichte oder durch die Sonnenstrahlen erleuchtet ist u. s. w. L.

in Ansehung der Sonne und Erde verursacht. Denn da die erleuchtete Halbkugel der Venus natürlicher Weise allezeit der Sonne entgegengesezt oder gegen sie gerichtet seyn muß, so wird sie uns nach Beschaffenheit der Lage, in der wir uns zu verschiedenen Zeiten befinden, mehr oder weniger sichtbar werden.

Die Oberfläche der Venus ist mit solchen Flecken, wie unser Mond versehen, durch deren Bewegung man bestimmt hat, daß sie sich in 23 Stunden von Abend gegen Morgen um ihre Axe herumdrehe. Wenn die Luft die zu dieser Art der Beobachtung nöthige gute Beschaffenheit hat, kann man mittelst sehr vergrößernder Fernröhre wie in dem Monde Berge unterscheiden.

130. Die Lichtgestalt des Mars ist allezeit, wie es seine Lage als oberer Planet erfodert, rund und voll, ausgenommen zu der Zeit, wenn seine Elongation 90 Grade beträgt, wo ein kleiner Theil seiner unerleuchteten Halbkugel sich gegen uns wendet und wie der Mond drey Tage vor oder nach dem vollen Lichte sich zeiget.

Aus den Flecken des Mars hat man gefunden, daß seine tägliche Bewegung in einem Tage und vierzig Minuten von Abend gegen Morgen geschehe. Aus dem dunkelrothen Lichte dieses Planeten vermuthet man, daß sein Dunstkreis dichter, als der Dunstkreis der andern Planeten sey.

131. Von den Trabanten des Jupiter und Saturn haben wir schon oben zu reden Gelegenheit gehabt. Die jährliche Parallaxe dieser Planeten ist nicht beträchtlich genug, daß uns ein Theil ihrer dunklen Halbkugel in einer Elongation sichtbar werden könnte; ihre Lichtgestalten sind dahero allezeit rund und voll.

Der Anblick des Jupiter durch Fernröhre bietet dem wißbegierigen Naturforscher ein weites Feld der Untersuchung dar. Er ist gemeiniglich von einem oder mehrern dunkeln Streifen und Banden umgeben, welche der Fläche seiner Bahn und folglich unter sich parallel sind. Ihre

Erscheinung ist aber nicht regelmäsig oder beständig. Man hat auf 5 dergleichen Streifen *) gezählet und während der Beobachtung sind zween nach und nach verschwunden. Zuweilen aber wird nur einer gesehen und zuweilen, wenn mehrere da sind, bilden sich einer oder mehrere dunkle Flecken zwischen den Streifen, welche so lange zunehmen, bis sich alles in ein breites dunkles Band vereiniget hat. Die Flecke des Jupiter sind die hellern Theile seiner Oberfläche und sind nicht dauerhaft, ob gleich mehr als die Streifen. Der merkwürdige Fleck, wodurch die Umwälzung des Jupiter um seine Axe bestimmt wurde, verschwand 1694 und ward nicht eher als 1708 wieder gesehen, wo er vollkommen an demselben Orte seiner Oberfläche wieder erschien und von der Zeit an zuweilen gesehen worden ist.

Man hatte die Vermuthung, daß diese Streifen Seen wären, und daß die Abänderungen, welche man so wohl bey ihnen, als bey den Flecken bemerkte, von der Ebbe und Fluth, die nach Beschaffenheit der Lage seiner Monde sich verschiedentlich ändere, verursacht würden. Wenn ein Beobachter, der hierzu genugsame Erfahrung und Geduld besizt, die Abänderungen auf der Jupitersscheibe während eines periodischen Umlaufes abzeichnete und zugleich die Stände seiner Trabanten bemerkte, so könnte diese Meynung entweder bestätigt oder widerlegt werden; man würde aber auch, der Erfolg einer solchen Reihe von Beobachtungen möchte seyn, welcher er wolle, gewiß dadurch vieles Licht über diesen Gegenstand verbreiten. Man hat gefunden, daß der Durchmesser des Aequator bey dem Jupiter sich zu seiner Axe oder dessen Durchmesser zwischen den Polen wie 13 zu 12 verhalte.

132. Die sehr große Entfernung des Saturn und sein schwaches Licht verstatten es nicht, daß wir diese Abände-

*) Im Jahre 1691 hat man 7 bis 8 dunkle Streifen nahe neben einander, die meisten auf der Mittagsseite gesehen. Cassini von der Bewegung des Jupiter in den pariser akademischen Abhandlungen 1692. L.

rungen, welche seine Oberfläche wahrscheinlich hat, bemerken können. Einen schwachen Schein eines Streifen siehet man zuweilen. Der Ring, welcher ihn einschließt, ist gegen die Ecliptik geneigt; es ist dahero seine scheinbare Gestalt beständigen Veränderungen unterworfen. Wenn seine Knotenlinie gegen die Erde gerichtet ist, so wird der Ring, indem er dem Beobachter seinen Rand zeigt, unsichtbar; zu allen andern Zeiten ist seine Gestalt elliptisch, bald breiter, bald schmäler, nachdem seine Knotenlinie mehr oder weniger von obiger Lage entfernet ist.

Zwölftes Kapitel.

Von der Länge der Tage und Nächte, und den Jahreszeiten.

133. Wir haben gesehen, daß jeder Planet, der beobachtet werden kann, sich um seine Axe herumdrehe; welche Bewegung wohl ohne Zweifel keinen andern Endzweck, als die Abwechselung des Tages mit der Nacht auf allen Theilen ihrer Oberflächen haben kann. Die Neigung der Axe eines Planeten gegen die Axe seiner Bahn verursacht die veränderliche Länge der Tage und die abwechselnde Wärme und bringt die verschiedenen Jahreszeiten hervor. Aus dieser Ursache haben Jupiter und Mars, deren Axen beynahe senkrecht auf den Flächen ihrer Bahnen und folglich den Axen ihrer Bahnen parallel sind, zu einerley Zeit an allen Orten ihrer Oberfläche gleiche Tage und Nächte; die Tage des Jupiter sind 4 Stunden 58 Minuten, die Tage des Mars 12 Stunden und 20 Minuten lang und die Nächte sind auch von dieser Länge. Allein Venus, deren Axe gegen die Axe ihrer Bahn unter einem beträchtlichen Winkel geneigt ist, hat eine jährliche Abwechselung der Jahreszeiten und der Länge der Tage. Aus diesem Grunde hat die Erde eben dergleichen Abwechselungen, deren Erklärung uns die Mühe überheben wird, uns auf die Umstände der andern Planeten einzulassen.

Zu dieser Absicht wird es sehr nüzlich seyn, die eingebildeten Kreise zu erklären, welche die Astronomen und Geographen sowohl der Kürze wegen, als wegen besserer Regelmäsigkeit in ihren Unternehmungen erfunden haben.

134. Derjenige größere Kreis auf der Erde, den man sich in gleichen Entfernungen von den Polen gezogen denkt, heißt der **Aequator**. Kleinere dem Aequator parallel gezogene Kreise sind **Parallelkreise der Breite**. Die größern Kreise, welche den Aequator unter rechten Winkeln durchschneiden und folglich durch die Pole gehen, werden **Meridiane** genennt.

Der größere Kreis der Himmelskugel, welcher dem Aequator parallel ist (oder der mit ihm in einerley Fläche liegt und also von den Weltpolen gleich weit entfernet ist, L.) ist der Aequator der Himmelskugel; die kleinern ihm parallelen Kreise werden Parallelkreise der Abweichung (Tagekreise) genennet, und die größern Kreise welche sie unter rechten Winkeln durchschneiden und durch die Weltpole gehen, heißen **Stundenkreise**.

135. Die **Ecliptik** ist derjenige größte Kreis der Himmelskugel, nach welchem die Sonne ihren jährlichen Umlauf zu beschreiben scheinet; die kleinern, der Ecliptik parallel gezogenen Kreise heißen **Breitenkreise**, und die größten Kreise, welche sie unter rechten Winkeln durchschneiden und folglich durch ihre Pole gehen, sind **Meridiane** an dem Himmel.

136. Der **Horizont** ist derjenige größte Kreis, welcher die sichtbare oder obere Halbkugel von der untern scheidet. Er heißt der **scheinbare Horizont** wenn sich der Beobachter in dem Mittelpuncte dieses Kreises befindet; der **wahre Horizont** aber, wenn sein Mittelpunct in den Mittelpunct der Erde fällt. Auf diesen leztern werden alle astronomische Beobachtungen reducirt oder angewendet, da der vorhergehende blos als ein Parallelkreis der Höhe betrachtet wird. Kleinere Kreise, welche dem

Horizonte parallel sind, werden Höhenkreise genennet und die größten Kreise, welche sie unter rechten Winkeln durchschneiden, heißen Vertical- oder Scheitelkreise. (Der Winkel, welchen ein gewisser Scheitelkreis mit dem genau durch den Mittag gehenden Scheitelkreise an dem Zenith oder Scheitelpuncte abschneidet, heißt das Azimuth. L.)

137. Die Breite auf der Erde ist die Entfernung eines gegebenen Ortes von dem Aequator. Sie wird nach Graden und Minuten des Meridians bestimmt. An dem Himmel ist sie die Entfernung eines gegebenen Punctes von der Ecliptik, und wird an dem Meridian der Himmelskugel gemessen.

138. Die Länge auf der Erde ist die Entfernung des Meridians, welcher durch den gegebenen Ort gehet, von dem ersten Meridian. Sie wird in dem Aequator von dem Durchschnittspuncte des ersten Meridians an bis zu dem Durchschnittspunct des gegebenen Meridians gezählet. Der erste Meridian der Erde ist willkührlich; jedoch fangen die englischen Astronomen überhaupt von demjenigen Meridian zu zählen an, der durch die Sternwarte zu Greenwich gehet. (Die Franzosen legen ihren ersten Meridian durch die Sternwarte zu Paris, die Schweden eben so durch Upsal und die königlich Preussische Akademie durch die Sternwarte zu Berlin. Bey den Landkarten hat man den ersten Meridian entweder durch die Azorischen Inseln oder durch die Inseln des grünen Vorgebürges oder durch die Canarischen Inseln gezogen. Der Meridian durch eine der leztern, durch die Insel Ferro, ist der gewöhnlichste; da die französischen Erdbeschreiber, die Homannischen Erben und die Berliner Akademie ihn bey ihren Karten angenommen haben. L.). Die Länge an dem Himmel ist ein Bogen der Ecliptik, welcher sich zwischen dem gegebenen Meridian und dem ersten Puncte des Widders befindet.

139. Die gerade Aufsteigung ist der Bogen des Aequators zwischen dem gegebenen und demjenigen Stun-

denkreise, der durch den ersten Punct des Widders gehet. Die Abweichung ist der Abstand eines Himmelskörpers von dem Aequator; ihre Größe wird von einem an den Stundenkreisen bestimmt.

Der Kreis, welcher die erleuchtete Halbkugel eines Planeten von seiner dunklen Halbkugel abschneidet, heißt die Lichtgrenze.

140. Es sey NEQS (fig. 44 und 45) die Erdkugel und C die Sonne; so werden NMS, NMS u. s. w. Meridiane seyn, welche den Aequator EQ unter rechten Winkeln durchschneiden und durch die Pole N und S gehen. Die Linien pp, pp u. s. w. werden Parallelkreise der Breite und die Linie CM die Fläche der Erdbahn vorstellen. Nun ist leicht einzusehen, daß es an einem gegebenen Orte der Erde so lange Tag seyn müsse, als sich dieser Ort in der erleuchteten Halbkugel befindet, und daß es daselbst Nacht werde, wenn er mit der täglichen Umwälzung in die dunkle Halbkugel geführet wird *). Eben so deutlich erhellet aus der 45 Figur, daß, wenn die Pole in der Lichtgrenze liegen, diese Grenze jeden Parallelkreis in zween gleiche Theile theilen werde, und daß dahero, weil vermöge der gleichförmigen Bewegung der Erde jeder gegebene Ort in gleichen Zeiten gleiche Bogen seines Parallelkreises beschreibt, die Tage und Nächte unter jedem Parallelkreise der Breite, das ist, an allen Orten der Erde, die Pole ausgenommen, wo die Sonne weder auf- noch untergehet, sondern in dem Horizonte bleibt, gleich seyn werden.

Wenn im Gegentheile, wie in der 44 Figur, die Axe sich nicht in der Fläche der Lichtgrenze befindet, so wird diese Grenze zwar den Aequator in zween gleiche Theile theilen; von den Parallelkreisen aber, welche dem erleuchteten Pole näher sind, wird ein größerer Theil ihres Kreises in der erleuchteten, als in der dunkeln Halbkugel lie-

*) Die Dämmerung wird hier nicht in Betrachtung gezogen. A. d. V.

gen, und von den Parallelkreisen gegen den andern Pol zu wird ebenfalls ein großer Theil ihres Kreises in der dunklen Halbkugel sich befinden. Hieraus folgt, daß unter den erst erwähnten Parallelkreisen die Tage länger, als die Nächte; unter den leztern hingegen die Tage kürzer und die Nächte länger seyn werden, da unterdessen unter dem Aequator die Tage und Nächte einander gleich bleiben. Alles dieses wird aus der Betrachtung der Figur deutlich; woraus man zugleich sehen kann, daß diese Ungleichheit unter größern Breiten größer sey, und daß solche Oerter, deren Abstand von dem Pole kleiner ist, als der Abstand des Poles von der Lichtgrenze, entweder beständig Tag oder beständig Nacht haben, da die Umwälzung der Erde sie niemals in die entgegengesezte Halbkugel bringt.

141. Bey dieser Lage der Axe kann man von den Bewohnern auf der einen Seite des Aequators sagen, daß sie Sommer haben, und von denen auf der andern Seite, daß sie in Ansehung der andern Winter haben; denn der lange Aufenthalt der Sonne über dem Horizont müßte eine verhältnißmäsig größere Wärme und ihre lange Abwesenheit die entgegengesezte Würkung hervorbringen.

Dieses ist jedoch nicht die einzige Ursache; die größte Sonnenhöhe befindet sich an dem Orte, der am weitesten von der Lichtgrenze entfernet ist. Ein Beobachter in G, der von der Grenze um 90 Grade entfernet ist, wird die Sonne im Scheitelpuncte haben; ein Beobachter in T wird die Sonne im Horizonte sehen, und für jede mittlere Entfernung wird der Bogen des größten Kreises, welcher von der Lichtgrenze und dem Orte der Beobachtung abgeschnitten wird, das Maas der Sonnenhöhe seyn. Es wird dahero unter jedem Parallelkreise zwischen G und dem erleuchteten Pole die Mittagshöhe der Sonne um dem Winkel NMT größer seyn, als diejenige Höhe, welche statt gefunden hätte, wenn der Pol in die Fläche der Lichtgrenze gefallen wäre; und jeder Ort zwischen G und dem dunklen Pole wird eine um eben so viel kleinere mittägliche

Sonnenhöhe haben. Zwischen S und T wird dahero diese Höhe negativ oder unter dem Horizonte seyn.

Diese Verschiedenheit der Sonnenhöhen ist noch eine zwote Ursache der größern Wärme gegen den erleuchteten Pol zu, und der verminderten gegen den dunklen Pol. Denn je größer die Sonnenhöhe ist, desto mehr nähern sich die auf die Oberfläche fallenden Sonnenstrahlen der Verticallinie; und bey Flächen von gleicher Größe verhält sich die Menge des von ihnen aufgefangenen Lichtes, wie die Sinus der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen. Dieses ist so deutlich, daß kaum eine Erklärung nöthig wäre.

Es stelle die Linie AB (fig. 46) eine Fläche vor, auf welche die Lichtsäule NOAB senkrecht fällt. So wird eine eben so große Fläche AC, auf welche das Licht schief unter dem Winkel ICK fällt, nur so viel Licht auffangen, als auf die Fläche AE fallen würde, und eine andere Fläche AD, auf welche das Licht unter einem noch schiefern Winkel LDM fällt, wird davon nur so viel erhalten, als auf die Fläche AF fallen würde. Es sind aber die Linien AE und AF die Sinus der Einfallswinkel ICK und LDM; woraus obiger Saz folgt.

142. Es ist nun noch zu zeigen übrig, daß diese Lagen der Axe in Ansehung der Lichtgrenze zu verschiedenen Zeiten des Jahres bey der Erde statt finden; ist dieses bewiesen, so muß die Abwechselung der Jahreszeiten daraus unmittelbar folgen.

Es sey in C (fig. 47) die Sonne; ABDG die Erdbahn, welche beynahe kreisförmig ist, aber von der Seite angesehen als eine lange Ellipse erscheinet, da man annimmt, daß der Beobachter dem Bogen BD am nähesten sey. Sie sey nach den Monaten März, Junius, September und December in vier Bogen abgetheilet, wo sich die Erde, deren Axe NS ist, in vier verschiedenen Theilen ihrer Bahn befindet.

Beobachtungen haben gezeigt, daß die Erdaxe allezeit sehr nahe dieselbe Lage in Ansehung der Fixsterne beybehalte

und gegen die Axe ihrer Bahn unter einem Winkel von 23½ Graden geneigt sey. Sie wird dahero nicht einerley Lage gegen die Lichtgrenzen beybehalten. Denn gesezt, die Erde befinde sich in der Lage, welche mit dem Monat März bezeichnet ist, so ist ihre Axe zu der Zeit in der Fläche der Lichtgrenze, und die Tage und Nächte sind dahero auf der ganzen Erdkugel einander gleich; indem sie aber vermöge ihrer jährlichen Bewegung nach A fortrückt, und ihre Lage beybehält oder sich selbst parallel bleibt, so wird der Nordpol in die erleuchtete Halbkugel rücken und in dem Monat Junius 23½ Grad von der Lichtgrenze, wie aus der Zeichnung erhellet, entfernet seyn, indem der Südpol unter demselben Abstande sich in der dunklen Halbkugel befindet. Es werden dahero in diesem Monate die nördlichen Gegenden längere Tage und Sommer haben, da unterdessen die südlichen Gegenden kürzere Tage und Winter haben werden.

Von der Zeit der gleichen Tage und Nächte im März, welche die **Frühlings-Nachtgleiche** genennet wird, bis zu der Zeit des längsten Tages im Junius, welche die **Sommer-Sonnenwende** heißt, wird der Nordpol in der erleuchteten Fläche in Ansehung der Lichtgrenze einen Viertelkreis beschrieben haben und folglich von derselben am weitesten entfernet seyn. Von der Zeit an wird er, indem er das andere Viertheil beschreibt, sich der Lichtgrenze nähern; die Tage werden stufenweise kürzer werden, bis die Erde in die mit dem Monat September bezeichnete Tage kömmt, wo die Axe wieder in die Fläche der Lichtgrenze fällt und die Tage den Nächten gleich werden. Diese heißt die **Herbstnachtgleiche.** Von hier an bis in den December wird der Nordpol einen Viertelkreis in der dunklen Halbkugel beschreiben und die Tage werden bis dahin kürzer werden, wo der Pol eben so weit in die dunkle Halbkugel hineingerückt, als er sich im Junius in der erleuchteten Halbkugel befand, und diese Zeit wird die **Winter-Sonnenwende** genennet. Von der Winter-Sonnenwende an bis zur Frühlings-Nachtgleiche werden die Tage

länger, so wie der Pol der Lichtgrenze näher kömmt; und in dem Augenblicke, als die Axe wiederum in deren Fläche fällt, ist ein natürliches Jahr, welches aus 365 Tagen 5 Stunden 48 Minuten und 57 Secunden bestehet, beendigt.

143. Es läßt sich aus dieser Erklärung, wenn an statt des Nordpoles der Südpol betrachtet wird, ebenfalls leicht begreifen, daß die Bewohner der südlichen Halbkugel eben dieselben Abwechselungen, ob wohl nicht zu gleicher Zeit, haben werden; denn es ist in der einen Halbkugel Winter, wenn es in der andern Sommer ist, und so ferner.

Wenn der Pol N (fig. 44) in die erleuchtete Halbkugel rückt, so wird sich die Sonne in dem Scheitelpuncte eines Ortes G befinden, der eben so weit von dem Aequator, als der Pol von der Lichtgrenze entfernet ist; die größte Breite ist also $23\frac{1}{2}$ Grad, unter welcher die Sonne vertical stehen kann. Die Parallelkreise unter $23\frac{1}{2}$ Grad nördlicher und südlicher Breite auf der Erde oder die zugehörigen Parallelkreise der Abweichung an der Himmelskugel werden **Wendekreise** genennet, weil die Sonne, wenn sie in demselben angekommen ist, wieder gegen den Aequator zurückkehrt. Wenn die Sonne in den nördlichen Wendekreis kömmt, tritt sie in das Zeichen des Krebses, und kömmt in dem Zeichen des Steinbocks in dem südlichen Wendekreis an; aus dieser Ursache wird der nördliche der **Krebswendekreis**, und der südliche der **Steinbockswendekreis** genennet.

Dreyzehendes Kapitel.

Von den Fixsternen und der Größe des Weltraumes.

144. Da die Fixsterne ihre Lage gegeneinander, überhaupt genommen, nicht verändern und an der Himmelskugel so zerstreuet sind, daß kein Himmelskörper

einen Ort einnehmen kann, der nicht einem oder dem andern Fixsterne nahe läge und sich mit ihm vergleichen ließe; so sind dieselben zu Bestimmung des scheinbaren und wahren Ortes der Sonne, Planeten und Kometen eben so bequem, als unentbehrlich. Man hat sich dahero von den ältesten Zeiten an Mühe gegeben, dieselben näher kennen zu lernen, und um dem Gedächtnisse zu Hülfe zu kommen, eine Menge nicht weit von einander stehender Sterne mit menschlichen und thierischen Gestalten verglichen, auch die vornehmsten Sterne dieser sogenannten **Sternbilder** oder **Gestirne** mit besondern Namen ausgezeichnet. Man bemerkte, daß die Sonne von Zeit zu Zeit in andere Sternbilder rücke, und die Witterung sich mit diesem veränderten Stande verändere, und daß sich ebenfalls die Planeten nur in gewissen Sternbildern bewegten; es war dahero ganz natürlich, daß man zuförderst diese in dem **Thierkreise** befindlichen Sternbilder vorzüglich zu bestimmen suchte und sie in 12 Bilder oder **himmlische Zeichen** nämlich, Widder ♈, Stier ♉, Zwillinge ♊, Krebs ♋, Löwe ♌, Jungfrau ♍, Wage ♎, Scorpion ♏, Schüze ♐, Steinbock ♑, Wassermann ♒, Fische ♓, eintheilte. Das älteste Sternverzeichniß des Hipparch ist uns vom Ptolemeus mit seinen eigenen Beobachtungen vermehrt aufbehalten worden. Es enthält außer den 12 Sternbildern des Thierkreises 21 nördliche und 15 südliche Sternbilder und überhaupt 1022 Sterne. Dieses alte und unvollkommne Sternverzeichniß ist nach der Zeit von sehr vielen Astronomen vermehrt und verbessert worden. Tycho, Keppler, Ricciolus, Halley, Hevel und Flamstead haben sich darum sehr verdient gemacht; so daß Hevel 1900 und Flamstead 3000 Sterne zusammen brachten. Nachhero haben de la Caille und andere Astronomen mehrere Sterne und neue Sternbilder, vorzüglich am südlichen Himmel, hinzugefügt, daß wir nunmehro beynahe 100 Sternbilder haben. (In des Herrn Prof. Bode Anleitung zur Kenntniß des gestirnten

Himmels und des Herrn Prof. Funks Anweisung zur Kenntniß der Gestirne vermittelst zweener Sternkegel und Planiglobien wird man sehr faßlichen Unterricht hiervon erhalten. L.)

145. Daß die Fixsterne, wie schon bemerkt worden, allezeit dieselbe Lage gegeneinander behalten, dieses ist überhaupt betrachtet wahr; jedoch sind bey ihnen verschiedene Veränderungen bemerkt worden. Es sind von Zeit zu Zeit neue Sterne erschienen; verschiedene von den Sternen, deren Oerter und Größen in den alten Sternverzeichnissen angegeben sind, hat man nachhero nicht gefunden, und einige derselben sind einer periodischen Ab- und Zunahme ihrer Größe unterworfen.

Bey den alten Schriftstellern kommen auf sechs bis sieben neue Sterne in Erwähnung; da sie aber meistentheils keine Astronomen waren und allen diesen Nachrichten die nöthige Schärfe zu fehlen scheinet, so ist es izt noch nicht ausgemacht, ob es würklich Fixsterne oder Kometen oder Lufterscheinungen waren. Der Verfertiger des ersten Sternverzeichnisses, Hipparch, soll dazu durch einen neu erschienenen Stern bewogen worden seyn, jedoch ist die Bestimmung seines Ortes an dem Himmel nicht bis auf unsere Zeiten gekommen. Von den Erscheinungen dieser Art, welche man in den neuern Zeiten bemerkt hat, sind folgende die merkwürdigsten.

Den 8. November 1572 betrachtete Cornelius Gemma den Sessel der Cassiopea aufmerksam, und bemerkte nichts außerordentliches; aber in der folgenden Nacht den 9. November erschien ein neuer Stern mit einem Glanze, welcher dem Glanze der Venus beynahe gleich war. Tycho sah ihn den 11 November, von welcher Zeit an er nach und nach kleiner und im März 1574 unsichtbar ward. Durch genaue Beobachtungen fand er dessen Länge 9° 17′ von dem ersten Sterne des Widders, und dessen Breite 53° 45′ nördlich. Seit der Zeit aber ist er nicht wieder gesehen worden.

Den 30 September 1604 beobachtete Kepplers Schüler *) einen Stern in dem rechten Schenkel des Schlangenmannes, welcher in der vorhergehenden Nacht noch nicht da gewesen war. Er erschien mit einem stärkern Lichte als Jupiter, und nahm wie der vorige nach und nach bis im Januar 1606 ab, wo er gänzlich verschwunden war. Nach den Beobachtungen Kepplers und anderer war seine Länge 7 Z. 20° von dem ersten Stern des Widders und seine nördliche Breite 1° 56′.

Den 3 August 1596 sah David Fabricius zuerst den merkwürdigen Stern am Halse des Wallfisches, dessen Größe periodisch zu- und abnimmt. Seine Periode währet ohngefähr 334 Tage, jedoch kehrt er nicht allezeit mit eben dem Glanze zurück, und ist auch nicht jedesmal so klein, daß er nur mit einem sechsfüsigen Fernrohre gesehen werden kann. Er gehet dem ersten Stern des Widders um 1° 40′ vorher und hat 15° 57′ südliche Breite.

Im Jahre 1600 entdeckte Willhelm Janson einen neuen Stern in dem Halse des Schwanes von der dritten Größe. Nach einigen Jahren wurde er so klein, daß einige glaubten er sey ganz verschwunden; aber in den Jahren 1657, 1658 und 1659 wuchs er wieder bis zur dritten Größe, nahm jedoch bald darauf wieder ab, und erschien in der fünften oder sechsten Größe. Seine Länge ist 9 Z. 18° 38′ von dem ersten Stern des Widders und seine nördliche Breite 55° 29′.

Den 15 Julius 1670 beobachtete Hevel einen neuen Stern von der dritten Größe, welcher in dem October dem bloßen Auge kaum sichtbar war. In dem April des folgenden Jahres war er noch heller als zuvor, er verschwand aber in der Mitte des August gänzlich. Im März 1672 ward er wiederum sichtbar, er war jedoch sehr klein, und seit dieser Zeit ist er nicht wieder erschienen. Sein

*) Brunowsky. Keppler de noua stella p. 3. f.

Ort war 9 Z. 3° 17′ von dem ersten Stern des Widders unter der nördlichen Breite von 47° 28′.

Im Jahre 1686 entdeckte Kirch einen neuen Stern, welcher selten die fünfte Größe übersteiget, und dessen Periode 404½ Tage beträgt; den größten Theil dieser Zeit ist er unsichtbar. Seine Wiedererscheinung ist sehr regelmäsig, und befindet sich unter der Länge 9 Z. 6° 30′ von dem ersten Stern des Widders in einer nördlichen Breite von 52° 40′.

Die vorhergehenden Sterne sind unter den veränderlichen die merkwürdigsten; außerdem sind viele andere von geringerer Größe von dem ältern Cassini, Halley, Meraldi und andern bemerkt worden, welche wir der Kürze wegen übergehen.

146. Außer diesen Sternen giebt es noch gewisse helle Streifen oder **Nebelsterne**, wovon einige aus einer Menge kleiner, blos durch Fernröhre sichtbarer Sterne bestehen, und deren glänzendes Licht den Raum, in welchem sie sich befinden, erleuchtet; ob sie schon einzeln zu klein sind, um gesehen zu werden. Von dieser Art ist der große unregelmäsige Ring oder der lichte Streifen, die **Milchstraße**, welche die Ecliptik in dem Krebs und Steinbock durchschneidet und gegen sie unter einem Winkel von ohngefähr 60 Graden geneigt ist. Die andere Art dieser Nebelsterne erscheinet durch das Fernrohr als glänzende Flecke und dem bloßen Auge insgemein als kleine Fixsterne. Die vorzüglichsten davon sind folgende.

Der erste und merkwürdigste ist der mittelste auf der Klinge des Schwerdtes des Orion, der von Bayern mit Θ bezeichnet wird. Durch das Fernrohr scheinet er aus zween nahen Sternen zu bestehen, welche mit einem sehr großen durchsichtigen hellen Nebel umgeben sind, durch welchen sie, wie verschiedene andere durchscheinen. Dieser Nebel hat die Gestalt eines schiefwinklichten Parallelogramms und wurde zufällig von Huygens 1656 entdeckt.

Im Jahre 1661 entdeckte Bouillaud einen andern in dem Gürtel der Andromeda, welcher wegen seiner geringen Größe in verschiedenen Sternverzeichnissen übergangen worden ist. Es scheinet kein Stern daselbst zu seyn, sondern er erscheinet als eine bloße Wolke, welche einen hellen Strahl nach Nordost wirft, wie der im Orion nach Südost. In der geraden Aufsteigung gehet er dem nördlichen Sterne im Gürtel welcher mit γ bezeichnet ist, um $1^{\circ}45'$ vorher.

Ein dritter ward 1665 vom Abraham Ihle entdeckt. Dieser ist klein, jedoch sehr glänzend und wirft seinen Lichtstrahl wie der vorhergehende. Sein Ort ist gegenwärtig ohngefähr $\aleph\ 5\frac{1}{2}^{\circ}$ und $\frac{1}{2}$ Grad südliche Breite.

Als Halley an einem Verzeichnisse der südlichen Sterne arbeitete, bemerkte er 1677, daß der Stern ω im Rücken des Centaurus neblicht sey. Er erscheinet unter der vierten Größe und ist nicht sehr glänzend. Sein Ort ist $m\ 6^{\circ}\frac{3}{4}$ bey $35^{\circ}\ 12'$ südlicher Breite.

Im Jahre 1681 entdeckte Kirch einen Nebelstern, der dem rechten Fuße des Antinous vorhergehet. Es ist ein kleiner dunkler Flecken, jedoch mit einem Sterne, der ihn, indem er durchscheinet, sichtbarer macht.

Im Jahre 1714 beobachtete Halley einen Nebelstern in dem Sternbilde des Herkules in gerader Linie zwischen den Sternen ζ und η nach Bayern. Er ist zwar klein, jedoch kann er bey heitem Himmel, wenn der Mond abwesend ist, gesehen werden.

147. Wir können sicher vermuthen, daß diese nicht die einzigen sind; sondern daß es deren noch viele geben könne, welche nicht bemerkt worden sind, und daß unter ihnen einige vielleicht größer als alle diese sind, von denen die größten nur wenige Minuten im Durchmesser halten. Weil sie aber keine jährliche Parallaxe haben, so erhellet, daß sie sich unter den Fixsternen befinden, und daß sie ihrer scheinbaren Kleinheit ungeachtet, unermeßlich große Räume einnehmen müssen, welche vielleicht nicht kleiner

stnd, als unser ganzes Sonnensystem. Es läßt sich vermuthen, daß in allen diesen so unermeßlichen Räumen beständig ein ununterbrochner Tag herrschen müsse.

Wenn man die erstaunliche Größe des Raumes, in welchem sich die Fixsterne befinden, betrachtet, so scheinet es nicht vernunftmäsig zu seyn, anzunehmen, daß solche große Körper, als dieselben nothwendig seyn müssen, zu keiner andern Absicht erschaffen wären, als um uns in Abwesenheit der Sonne ein schimmerndes Licht zu verschaffen. Wäre dieses der Endzweck ihres Daseyns; welchen Endzweck haben die teleskopischen Sterne, welche ungesehen bis in unsern Tagen gefunkelt haben? Gewiß, diese Vorausseżung wäre der Uebereinstimmung der Würkung mit ihrer Ursache, welche wir doch bey allen Naturbegebenheiten, auf die sich unsere Kenntniß erstreckt, gültig finden, sehr schlecht angemessen. Wir haben schon von den sehr kleinen Gegenständen geredet, welche zwar organisirt sind und ihre besondern Eigenschaften haben, jedoch nicht groß genug sind, um in die Sinne zu fallen; izt wollen wir uns der andern Grenze nähern, und diejenigen Größen betrachten, welche wegen ihrer Unermeßlichkeit alle Einbildungskraft übersteigen.

Wir sehen nur einen kleinen Theil des Ganzen. Der scheinbare Horizont beträgt kaum mehr, als einen Grad im Durchmesser, und dennoch ist diese Entfernung die größte, von der wir uns eine würkliche Vorstellung machen können. Unsere klaren Begriffe von Zahlen machen uns geschickt, in unsern Untersuchungen mit Sicherheit fortzugehen, aber unsere Vorstellungen werden dadurch nicht erweitert. So können wir beweisen, daß die Entfernung der Sonne den Durchmesser des obigen Horizonts auf 800000 mal übersteige; hieraus können wir uns aber keinen Begriff von einer so großen Entfernung machen. Wir können weiter gehen, und beweisen, daß die Entfernung des nähesten Fixsternes um mehr, als so viel mal größer sey, als die Entfernung der Sonne; weil der Stern

eine merkliche jährliche Parallaxe haben würde, wenn dieses nicht wäre. Hier dürfen wir noch nicht stehen bleiben, weil die Anzahl der Fixsterne unendlich groß ist, da man allezeit eine desto größere Anzahl entdeckt, je vollkommner das Fernrohr ist, und weil man Ursache hat zu glauben, daß sie eben so weit von einander, als von uns entfernet sind; es müßte dahero diese lezte Entfernung unendlich vergrößert werden, ehe man den Durchmesser des ganzen Weltraumes zu fassen vermuthen dürfte. Eine Größe, die nicht nur alle Einbildungskraft übersteiget, sondern sich auch außer der Bestimmung in Zahlen befindet. Der Schöpfer allein kann diese unendliche Ausdehnung fassen. Hier ist es, wo uns Beobachtungen mangeln, und wo unsere Wissenschaft sich mit Muthmasungen begnügen muß. Die Meynung, welche gemeiniglich angenommen wird, gründet sich auf folgenden analogischen Beweis.

Man muß sich an das wieder erinnern, was bey Betrachtung der Parallaxe gezeigt wurde, daß nämlich die Linie zwischen den beyden Ständen des Beobachters von dem Gegenstande aus gesehen, allezeit unter demselben Winkel erscheine, als der parallactische Winkel ist. Die nähesten Fixsterne haben keine Parallaxe; es wird dahero der Durchmesser der jährlichen Bahn, von dem nähesten Sterne aus gesehen, das Maas eines unmerklichen Winkels seyn, und die Sonne selbst wird um desto mehr nicht größer als ein leuchtender Punct, das ist, als ein Fixstern erscheinen. Hieraus folgt, daß die Sterne in der Größe der Sonne gleich seyn müssen; oder mit andern Worten, daß sie Sonnen sind. Eben dieser aus der unmerklichen Parallaxe hergeleitete Beweis zeigt, ohne die geringere Lichtstärke der Planeten in Betrachtung zu ziehen, daß sie in der Entfernung eines Fixsternes nicht sichtbar seyn würden. Es wird dahero die Wahrscheinlichkeit, daß jeder Fixstern von einem System von Planeten begleitet werde, nicht dadurch aufgehoben, wenn wir sagen, daß wir sie nicht sehen; weil wir bewiesen haben, dieses sey unmöglich, wenn es auch

dergleichen giebt. Die vernünftigste Vermuthung über den Endzweck so vieler Sonnen ist also diese, daß sie bestimmt sind, einer unermeßlichen Anzahl Welten, die sie begleiten, Licht und Wärme mitzutheilen. (Mehrere dergleichen über die Menge der Welten angestellte Betrachtungen findet man in den Kosmologischen Briefen des Hr. Prof. Lambert und in Fontenelles Gesprächen von mehr als einer Welt mit Anmerkungen des Hr. Prof. Bode. L.)

Vierter Abschnitt.

Von den Würkungen der allgemeinen Schwere.

Erstes Kapitel.

Von den physikalischen Ursachen der Bewegungen der Himmelskörper.

148. Um die physikalischen Ursachen der Bewegungen der Himmelskörper zu erklären, müssen wir folgende Säze aus Newtoni philosophiae naturalis principiis mathematicis entlehnen, wohin wir unsere mathematischen Leser in Ansehung des Beweises verweisen *).

Wenn die Quadrate der periodischen Umlaufszeiten der Himmelskörper, welche sich in ähnlichen Bahnen, deren Mittelpuncte einerley Lage haben, bewegen, und welche in gleichen Zeiten gleiche Flächen beschreiben, sich gegen einander in einem geraden Verhältnisse wie die Würfel ihrer mittlern Entfernungen von ihren Mittelpuncten befinden; so werden sich die Centripetalkräfte umgewendet, wie die Quadrate der mittlern Entfernung verhalten. Und umgewendet; wenn die Centripetalkräfte sich umge-

*) Und der Uebersezer hält es für seine Pflicht die mechanischen Schriften eines Euler und Kästner hinzuzufügen. L.

wendet wie die Quadrate der mittlern Entfernungen verhalten; so werden auch u. s. w. *).

Wenn sich ein Körper in einer Bahn, die nicht kreisförmig ist, so bewegt, daß er gleiche Flächen um einen Punct beschreibet, und die Centripetalkraft sich umgewendet wie das Quadrat der Entfernung des Körpers von dem Mittelpuncte verhält; so wird er von der größten Nähe bis zur größten Entfernung von seinem Mittelpunct vollkommen einen halben Umlauf vollendet haben, und folglich wird die Apsidenlinie beständig dieselbe Lage behalten oder unbeweglich seyn; und so umgewendet.

Wenn sich ein Körper in einer Bahn, die nicht kreisförmig ist, bewegt, indem er gleiche Flächen um einen Punct beschreibt, und die Centripetalkraft in einem grössern umgewendeten Verhältnisse, als mit dem Quadrate und in einem kleinern, als mit dem Würfel der Entfernung stehet; so wird er von einer Apside bis zu der andern mehr als einen halben Umlauf beschreiben. Man kann einen solchen Körper so betrachten, als wenn er sich in einer Ellipse bewegte, wo die große Axe oder die Apsidenlinie sich beständig vorwärts oder nach der Richtung des Körpers selbst bewegt.

Wenn hingegen ein Körper in seiner Bahn, die nicht kreisförmig ist, um einen Punct gleiche Flächen beschreibt und die Centripetalkraft sich in einem kleinern, als dem umgewendeten quadratischen Verhältnisse der Entfernungen befindet; so wird er von einer Apside bis zur andern weniger als einen halben Umlauf vollenden. Dergleichen Körper kann man so betrachten, als wenn sie sich in Ellipsen

*) Newtoni. Princ. l. I. prop. 4. A. d. V.
Euleri Mech. T. I. §. 644 - 654. Kästners höhere Mech. 227, 228, und in den Anfangsgründen der Astronomie des Herrn Hofraths 280. Uebrigens erhellet auch aus den daselbst angestellten Untersuchungen, daß sich ein Körper allezeit in einem Kegelschnitte bewege, wenn sich die Anziehungskraft umgewendet, wie das Quadrat der Entfernung verhält. L.

bewegten, deren große Axe oder die Apsidenlinie beständig rückwärts oder nach einer der Bewegung des Körpers entgegengesezten Richtung fortgehet. Und so umgewendet *).

149. Dieses vorausgesezt, folgt, daß die Kräfte, vermöge welcher die Trabanten des Jupiter die Richtung ihrer Bewegung beständig ändern und in ihrem Umlaufe erhalten werden, gegen den Mittelpunct des Jupiter gerichtet sind, und sich umgewendet wie die Quadrate der Entfernungen von diesem Mittelpuncte verhalten: denn jeder derselben beschreibt gleiche Flächen in gleichen Zeiten um diesen Mittelpunct; und die Quadrate ihrer periodischen Umlaufszeiten verhalten sich wie die Würfel ihrer Entfernungen. Eben dieses gilt von den Trabanten des Saturn aus denselben Gründen.

Daß die Kräfte, vermöge welcher die Hauptplaneten ihre Richtung beständig ändern und in ihrem Umlaufe erhalten werden, gegen die Sonne gerichtet sind und sich umgewendet wie die Quadrate der Entfernungen von ihrem Mittelpuncte verhalten: denn jeder von ihnen beschreibt gleiche Flächen in gleichen Zeiten um diesen Mittelpunct, und die Quadrate ihrer periodischen Umlaufszeiten verhalten sich wie die Würfel ihrer Entfernungen. Der lezte Theil dieses Sazes wird aus der Unbeweglichkeit der Apsiden sehr genau erwiesen; denn die geringste Abweichung von dem quadratischen Verhältnisse würde eine merkliche Bewegung der Apsiden verursachen, welche bey einer Menge Umläufe sehr beträchtlich wäre.

Daß die Kraft, von welcher der Mond in seiner Laufbahn erhalten wird, gegen den Mittelpunct der Erde gerichtet sey, und sich umgewendet wie die Quadrate der Entfernungen von diesem Mittelpuncte verhalte: denn der Mond beschreibt gleiche Flächen in gleichen Zeiten; und

*) Principior. l. I. prop. 45. A. d. V. Diese drey leztern Säze erhellen auch aus § 750 und 751. Euleri Mech. L.

seine Apsiden kann man als unbeweglich ansehen. Die kleine Bewegung, daß sie um 3 Grad und 3 Minuten bey jedem Umlaufe fortrücken, wird von der Würkung der Sonne, wie gezeigt werden soll, verursacht, und darf hier nicht in Betrachtung gezogen werden.

150. Die Kraft, vermöge welcher der Mond die Richtung seiner Bewegung beständig ändert und in seinem Umlaufe erhalten wird, kömmt mit der Kraft überein, welche wir die **allgemeine Schwerkraft** nennen. Die mittlere Entfernung des Mondes von dem Mittelpuncte der Erde beträgt beynahe 60 Halbmesser der Erde; seinen periodischen Umlauf vollendet derselbe in 27 Tagen 7 Stunden 43 Minuten, und den Umkreis der Erde haben die Franzosen bey Ausmessung derselben, auf 123249600 pariser Fuß *) gefunden; es wird dahero der Kreis der Mondsbahn 60 mal so groß seyn. Es wird aber bey sehr kleinen Bogen, die nicht merklich von geraden Linien abweichen, wie De (fig. 29) angenommen wird, der Sinus versus Dd die Größe oder die Würkung der Centripetalkraft ausdrücken. Da nun der Sinus versus des Bogens, welchen der Mond nach seiner mittlern Bewegung in einer Zeitminute beschreibt, $15\frac{1}{12}$ pariser Fuß hält; so ist dieses der Raum, durch welchen er vermöge seiner Centripetalkraft fallen würde, wenn die Wurfkraft (Centrifugalkraft) gänzlich vernichtet wäre. Um die Würkung dieser Centripetalkraft auf der Oberfläche der Erde zu finden, weiß man, daß sie nach dem umgewendeten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen zunehme, und schlüßt: das Quadrat der Entfernung der Oberfläche der Erde von ihrem Mittelpuncte = 1 verhält sich zu dem Quadrate der Entfernung des Mondes von dem Mittelpuncte der Erde = 3600, wie die Centripetalkraft des Mondes, durch den in einer

*) Nach der Bestimmung des Herrn Picard, welche auch Herr Cassini im 5. Bande p. 732 der physischen pariser Abhandlung beybehält. L.

Minute beschriebenen Raum ausgedrückt, = $15\frac{1}{12}$ Fuß zu der Centripetalkraft auf der Oberfläche der Erde, oder dem in einer Minute beschriebenen Raume = 54300 Fuß.

Weil die Centripetalkraft beständig und in gleichen Entfernungen gleichförmig würkt, so wird diese Bewegung eine gleichförmig beschleunigte seyn; und weil bey einer gleichförmig beschleunigten Bewegung sich die beschriebenen Räume wie die Quadrate der Zeiten verhalten; so kann man finden, durch welchen Raum der Mond in der Nähe der Erdoberfläche in einer Secunde fallen würde. Es verhält sich nämlich das Quadrat von einer Minute oder von 60 Secunden = 3600 zu dem in dieser Zeit beschriebenen Raume = 54300 Fuß, wie das Quadrat von einer Secunde = 1 zu dem in dieser Zeit beschriebenen Raume = $15\frac{1}{12}$ Fuß.

Dieses ist aber vollkommen der Raum, durch welchen die Körper vermöge der Schwerkraft in einer Secunde fallen. Es ist dahero die Kraft, wodurch der Mond in seiner Bahn erhalten wird, eben dieselbe, vermöge welcher die Körper auf der Oberfläche der Erde von der Erde angezogen werden.

Die Trabanten des Jupiter und Saturn werden von ihren Hauptplaneten angezogen, und die Hauptplaneten werden nebst ihren Trabanten von der Sonne angezogen. Denn ihre Umläufe geschehen auf dieselbe Art, als der Umlauf des Mondes um die Erde, und hängen dahero von einerley Ursache ab; vorzüglich aber, weil man gezeigt hat, daß die Centripetalkräfte, welche diese Umläufe bewürken, bey verschiedenen Entfernungen nach demselben Geseze sich verändern, welches man von der Schwere in Ansehung der Entfernungen von dem Mittelpuncte der Erde bewiesen hat.

151. Die Schwere findet also bey allen Planeten statt. Denn Mars, Venus und Merkur sind ohne Zweifel Körper von derselben Art, als Jupiter und Saturn. Und weil jede Anziehung wechselseitig geschiehet, so muß

auch Jupiter von seinen Trabanten, Saturn von seinen Trabanten, die Erde von dem Monde und die Sonne von allen Planeten angezogen werden.

Die Schwere, vermöge welcher ein Planet gegen den andern strebt, verhält sich umgewendet, wie das Quadrat der Entfernungen ihrer Mittelpuncte. Es werden dahero alle Planeten einander wechselseitig anziehen; daß also Jupiter und Saturn, wenn sie der Zusammenkunft nahe sind, alle andere Bewegungen merklich ändern müssen. Die Sonne ändert die Bewegung des Mondes, und Sonne und Mond beunruhigen das Meer, indem sie Ebbe und Fluth bewürken, wie gezeigt werden wird.

Alle Körper werden auf einem jeden Planeten von ihm angezogen, und die Gewichte der Körper auf allen Planeten verhalten sich bey gleichen Entfernungen ihrer Mittelpuncte wie ihre Massen oder Mengen der Materie. Alle Körper auf der Erde fallen von gleichen Höhen in gleichen Zeiten, wenn man den Widerstand der Luft nicht in Betrachtung ziehet; es verhalten sich dahero ihre Kräfte wie die Mengen ihrer Materie. Wenn man annähme, daß diese irdischen Körper auf den Mond versezt würden, so würden sie dem zu Folge, was wir angemerkt haben, in derselben Zeit auf die Erde herabfallen als der Mond, wenn seine Wurfbewegung vernichtet wäre; denn man hat keinen Grund zu zweifeln, daß es mit der Schwere auf den Planeten eben dieselbe Beschaffenheit habe, als auf der Erde. Weil ferner die Kräfte, welche die Trabanten des Jupiter in ihren Bahnen erhalten, sich in einem beständigen Verhältnisse mit ihren Entfernungen, nämlich umgewendet mit deren Quadraten, befinden; so erhellet, daß wenn sie in gleichen Entfernungen von seinem Mittelpuncte auf ihn fallen sollten, sie in gleichen Zeiten gleiche Räume, wie die schweren Körper in der Nähe der Erde beschreiben und ihre Gewichte sich wie die Mengen ihrer Materie verhalten würden. Eben diese Schlüsse lassen sich auf die Trabanten des Saturn und auf die Hauptplaneten nebst ihren

Trabanten, die sich um die Sonne herumbewegen, anwenden. Da nun die Würkung der Sonne auf ein System von Nebenplaneten oder auf einen von seinen Monden begleiteten Planeten deren Bewegungen nicht stört, so lange die verschiedenen Körper sich in gleichen Entfernungen von ihrem Mittelpuncte erhalten, (ausgenommen, wenn ihre Würkung nicht nach parallelen Richtungen geschiehet); so folgt, daß ihre Würkung auf die verschiedenen Körper eines solchen Planetensystems sich vollkommen wie ihre Massen verhalte.

152. Die Schwere ist allgemein, und ihre Kraft gegen jeden Körper stehet mit der Menge der Materie dieses Körpers im Verhältnisse. Denn das Gewicht oder die Schwere einer jeden Menge Materie oder eines Planeten A ist mit einem andern B in dem Verhältnisse ihrer Menge, und die Würkung ist der Gegenwürkung gleich. Wenn also die Menge der Materie in A nach einem gegebenen Verhältnisse zu- oder abnimmt, so wird die Gegenwürkung von B, nämlich die Schwerkraft von B gegen A nach demselben Verhältnisse zu- oder abnehmen.

Man kann dahero die Massen oder die Mengen der Materie derjenigen Planeten finden, welche von andern begleitet werden. Denn da die Durchmesser der Bahnen ihrer Begleiter und deren periodische Umlaufszeiten bekannt sind, so kann man ihre Centripetalkräfte finden, wie in dem Beyspiele mit dem Monde gezeigt worden, welche mittelst des umgewendeten Verhältnisses der Quadrate der Entfernungen für jede Entfernung bestimmt werden können. Solchergestalt kann man die Centripetalkräfte der Planeten gegen die Sonne und der Monde des Jupiter und Saturn gegen ihre Hauptplaneten mit der Centripetalkraft des Mondes gegen die Erde vergleichen; so werden ihre zugehörigen Massen als diese Kräfte zu betrachten seyn. Da ihre Durchmesser bekannt sind, so kann man die Gewichte der Körper auf ihren Oberflächen unter einander vergleichen, und aus der Vergleichung ihres körperlichen

Inhaltes mit ihren Massen ihre Dichtigkeiten finden. Hieraus ergiebt sich, daß die Massen der Sonne, des Jupiter, des Saturn und der Erde sich gegeneinander verhalten, wie 1, $\frac{1}{1067}$, $\frac{1}{3021}$ und $\frac{1}{169282}$; die Gewichte der Körper auf ihren Oberflächen, wie 1000, 943, 529, 435, und ihre Dichtigkeiten, wie 100, $94\frac{1}{2}$, 67 und 400. Es ist hieraus zu ersehen, daß die Gewichte der Körper auf den Oberflächen der Planeten nicht sehr beträchtlich verschieden sind und daß die Dichtigkeiten der Planeten, die der Sonne am nähesten, die größten sind; ohne Zweifel zu dem Ende, damit sie eine größere Hize vertragen können: denn die dichtere Materie erfodert überhaupt zu Hervorbringung der Würkungen der Natur eine größere Hize, als die lockere Materie.

Wenn endlich der Himmelsraum nicht absolut leer, sondern mit einem sehr feinen Mittel angefüllt ist; so muß dieses Mittel den Bewegungen der Himmelskörper in einem geringen Grade widerstehen. Es folgt dahero nothwendig, daß die kleinern Planeten dichter als die größern seyn müssen, damit der Widerstand gleich sey und ihre relativen Bewegungen dadurch weniger aufgehalten werden.

Zweytes Kapitel.

Von der Ungleichheit, welche aus dem wechselseitigen Anziehen der Planeten entstehet.

153. Da also gezeigt worden ist, daß die Schwere allgemein sey und nach einerley unveränderlichem Geseze bey allen Körpern nach dem Verhältnisse der Massen würke; so können die Bewegungen der Himmelskörper aus der Art dieser Würkung umgewendet hergeleitet werden. Es ist dahero zu schlüßen, daß wenn die Sonne in Ruhe wäre und die Planeten sich einander nicht gegenseitig anzögen, sie sich in Ellipsen bewegen würden, deren gemeinschaftlicher Brennpunct die Sonne wäre. Da sie

aber gegenseitig auf die Sonne und auf einander würken, so folgt, daß die Sonne sich beständig um den Schwerpunct aller Planeten, welcher Punct der gemeinschaftliche Brennpunct ihrer Bahnen ist, herumbewege. Dieser Punct kann wegen des sehr großen Körpers der Sonne in keiner Lage weiter, als um ihren Halbmesser von ihrer Oberfläche entfernet seyn. Es entstehen aus diesen gegenseitigen Würkungen einige kleine Ungleichheiten; sie sind aber viel geringer, als sie seyn würden, wenn die Sonne in Ruhe oder keiner Gegenwürkung von den Plaueten unterworfen wäre. Die Ungleichheiten bey den Bewegungen der Hauptplaneten sind kaum groß genug, um bemerkt werden zu können; die Ungleichheiten des Mondes aber sind wegen seiner Nähe und aus andern Ursachen allezeit groß genug gewesen, um die Astronomen zu beschäfftigen. Wir wollen dahero die leztern erklären und diese Erklärung auf die erstern, welche auf dieselbe Art hervorgebracht werden, anwenden.

154. Wenn die Anziehungskraft der Sonne auf die Erde und den Mond bey jedem nach dem Verhältnisse ihrer Massen gleich wäre und Bewegungen nach parallelen Richtungen hervorzubringen strebte, so würden ihre relativen Bewegungen eben dieselben seyn, als wenn keine solche Kraft auf sie gewürkt hätte. Allein diese Kraft ist sowohl in der Größe als Richtung nach den verschiedenen relativen Ständen der Erde und des Mondes verschieden.

In dem Puncte S (fig. 48) befinde sich die Sonne, E sey die Erde und ADBC die Bahn des Mondes. Wenn sich nun der Mond in dem Viertel bey A befindet; so werden, da die Entfernungen ES und AS, der Erde und des Mondes, einander gleich sind, auch ihre Schwerkräfte gegen S gleich seyn und von diesen Linien ES und AS vorgestellt werden können. Man ziehe die Linie AL parallel und gleich mit ES und ziehe LS, welche also mit AE parallel ist; so wird die Kraft AS in die beyden Kräfte AL und AE zerlegt werden. Von ihnen wird die Kraft AL, wegen

ihrer parallelen Lage und Gleichheit mit ES, deren relative Bewegungen und Oerter nicht stören; die andere zusammensezende Kraft AE aber wird noch hinzukommen und verursachen, daß der Mond schneller aus der Tangente seiner Bahn falle, als wenn keine solche störende Kraft da wäre. Es wird dahero in oder beynahe in den Vierteln die Schwere des Mondes gegen die Erde, mehr, als vermöge seines ordentlichen Umlaufes zunehmen und seine Bahn mehr gekrümmt werden.

Wenn der Mond in der Zusammenkunft C ist, wo die Entfernungen ES und CS ungleich sind; so wird die Schwere des Mondes gegen die Sonne nach demselben Verhältnisse größer seyn als die Schwere der Erde gegen dieselbe, so wie das Quadrat von ES größer als das Quadrat von CS ist. Und weil dieser Zuwachs nach einer der Schwere des Mondes gegen die Erde entgegengesezten Richtung würkt; so wird dadurch ihre Würkung vermindert und verursacht, daß der Mond weniger außer der Tangente seiner Bahn fällt, als es geschehen würde, wenn keine solche störende Kraft da wäre. Dergleichen und beynahe dieselben Erfolge werden hervorgebracht, wenn der Mond in dem Gegenscheine bey D ist, wo ihre gegenseitige Schwere wie in dem vorhergehenden Falle vermindert wird. Es wird dahero in oder in der Nähe der Zusammenkunft oder des Gegenscheines die Schwere des Mondes vermindert und seine Bahn weniger gekrümmt seyn.

Man hat gefunden, daß die Kraft, um welche die Schwere des Mondes in den Vierteln zunimmt, sich zu der Schwere verhalte, mit welcher er sich in einem Kreise bey dieser seiner mittlern Entfernung um die Erde bewegen würde, wenn die Sonne keine Würkung auf seine Bewegung äußerte, wie 1 zu $178\frac{29}{40}$; und daß die Kraft, um welche seine Schwere in der Zusammenkunft oder dem Gegenscheine abnimmt fast noch einmal so groß sey. Durch den Einfluß der Sonne wird im Ganzen genommen, die Entfernung des Mondes von der Erde vergrößert und seine

periodische Umlaufszeit vermehrt; und weil dieser Einfluß am stärksten ist, wenn die Erde der Sonne am nähesten oder in ihrer Sonnennähe stehet, so muß er alsdenn die größte periodische Umlaufszeit haben, welches auch mit den Beobachtungen übereinkömmt.

155. Damit man sich überzeuge, daß die Würkung der Sonne, nach welcher sie die Bewegung des Mondes stört, in allen Ständen zwischen der Zusammenkunft und einem der Viertel statt finde, gedenke man sich denselben in M (fig. 48) und ES stelle die Schwere der Erde gegen die Sonne vor. Man ziehe die Linie MS und verlängere sie bis G. Aus M schneide man MG von der Größe ab, daß sich MG zu ES verhalte, wie das Quadrat der Entfernung der Erde ES zu dem Quadrate der Entfernung des Mondes MS; so wird MG die Schwere des Mondes gegen die Sonne vorstellen. Aus M ziehe man MF parallel und gleich mit ES; man ziehe FG und MH parallel und gleich mit FG. Solchemnach kann die Kraft MG in MF und MH zergliedert werden; wovon die Kraft MF, weil sie gleich und parallel mit ES ist, die relativen Bewegungen und Stände des Mondes und der Erde nicht stören, aber MH wird die störende Kraft seyn. Man ziehe an der Bahn des Mondes die Tangente MK und verlängere den Halbmesser EM nach I; man ziehe HI parallel mit KM, welche MI in I abschneidet, und vollende das Parallelogram, indem man HK mit IM parallel ziehet, welche MK in K schneidet. So zerlegt sich die Kraft MH in MI und MK, wovon MI auf die Schwere und MK auf die Geschwindigkeit des Mondes würkt. Wenn die Kraft MH in die Tangente fällt, welches geschiehet, wenn der Mond $35^{\circ}\ 16'$ von dem Viertel entfernet ist, so verschwindet die Kraft MI, welche auf die Schwere würkt; und wenn die Kraft MH mit dem Halbmesser zusammenfällt, welches geschiehet, wenn der Mond entweder in der Zusammenkunft oder in den Vierteln ist, so wird die Kraft MK aufgehoben. Zwischen dem Viertel und der Entfernung von

35° 16′ von demselben fällt die Linie oder Kraft MH innerhalb der Tangente, folglich ist die Kraft MI nach E zu gerichtet und die Schwere des Mondes wird vergrößert; aber in einer größern Entfernung von dem Viertel fällt die Linie MH außerhalb der Tangente, und die Kraft MI ist von E abwärts gerichtet, wodurch die Schwere des Mondes vermindert wird. Es ist einleuchtend, daß die Kraft MK allezeit gegen einen Punct der Linie, welche durch die Mittelpuncte der Sonne und der Erde gehet, gerichtet seyn werde; sie wird dahero die Bewegung des Mondes beschleunigen, wenn sie sich dieser Linie oder der Zusammenkunft nähert, und sie verhältnißmäsig langsamer machen, wenn sie sich von dieser Linie entfernet oder sich den Vierteln nähert, da sie in dem einen Falle mit seiner Bewegung zusammengesezt und in dem andern von derselben abgezogen wird.

Da die Schwere des Mondes gegen die Sonne bey der Zusammenkunft um so viel kleiner ist, als der Unterschied der Quadrate seiner Entfernungen beträgt, und da dieser Unterschied wegen der sehr großen Entfernung der Sonne beynahe eben derselbe ist, wenn sich der Mond im Gegenscheine befindet, so wird das gegenseitige verminderte Bestreben oder die Verminderung der Schwere sehr nahe einerley seyn. Hieraus ist leicht zu schlüßen, daß alle die Ungleichheiten, welche wir zwischen den Vierteln und der Zusammenkunft erkläret haben, unter gleichen Umständen zwischen den Vierteln und dem Gegenscheine statt finden müssen.

156. Wenn sich der Mond um die Erde bey der Vorausseżung, daß der störende Einfluß der Sonne nicht würke, in einer kreisförmigen Bahn bewegte; so würde dieser Einfluß alsdenn, wenn er als würksam angenommen wird, die Bahn in eine Ellipse verwandeln. Denn die vergrößerte Schwere giebt ihr in den Vierteln mehr Krümmung, da sie verursacht, daß der Mond weiter außer der Tangente fällt; und die verminderte Schwere so wohl, als die größere

Geschwindigkeit machen die Bahn weniger gekrümmt in der Zusammenkunft und dem Gegenscheine, weil dadurch bewürkt wird, daß der Mond in einer gegebenen Zeit sich nicht so weit von der Tangente entfernet. Es würde dahero eine Ellipse beschrieben werden, deren schmälere und gekrümmtere Theile sich in den Vierteln befinden und deren größter Durchmesser durch dieselben gehen würde. Folglich würde der Mond in den Vierteln von der Erde am weitesten entfernet und in der Zusammenkunft oder dem Gegenscheine ihr am nähesten seyn. Man darf sich jedoch nicht darüber verwundern, daß sich der Mond zu der Zeit, wenn seine Schwere am geringsten ist, der Erde nähern müsse, weil diese Annäherung nicht die unmittelbare Folge der Verminderung der Schwere, sondern die Folge von der größern Krümmung seiner Bahn bey den Vierteln ist; und auf gleiche Art ist seine größere Entfernung von der Erde in den Vierteln nicht aus seiner verminderten Schwere unmittelbar herzuleiten, sondern aus der in der Zusammenkunft und dem Gegenscheine erlangten Geschwindigkeit und Richtung.

Allein weil die Bahn des Mondes unabhängig von dieser Würkung der Sonne, eine Ellipse ist; so finden diese Erfolge nur in so ferne statt, als es die Umstände erlauben.

Da also die Schwere des Mondes gegen die Erde einer beständigen Abänderung in ihrem Verhältnisse unterworfen ist, so hat seine Bahn keine unveränderliche Gestalt. Das Gesez seiner Schwere ist beynahe das umgewendete Verhältniß der Quadrate seiner Entfernungen und seine Bahn ist dahero beynahe eine ruhende Ellipse; allein die Abweichungen von diesem Geseze verursachen, daß sich seine Apsiden geradläufig oder rückgängig bewegen, nachdem diese Abweichungen aus einer Verminderung oder Vermehrung entstehen. Um die Bewegung der Apsiden in Rechnung zu bringen, nehmen die Astronomen an, daß der sich umwälzende Körper in einer Ellipse laufe, deren große Axe oder Apsidenlinie sich zugleich um den Brenn-

punct der Bahn bewege. Wenn der Mond in der Zusammenkunft oder dem Gegenscheine ist; so vermindert die Sonne, wie gezeigt worden, seine Schwere, und dieses um desto mehr, je größer sein Abstand von der Erde ist; daß also seine Schwere nach einem größern Verhältnisse, als dem umgewendeten Verhältnisse des Quadrates seiner Entfernung abnimmt und sich dahero seine Apsiden vorwärts bewegen oder rechtläufig sind. In den Vierteln vermehrt die Sonne seine Schwere, und dieses um so viel mehr, je größer seine Entfernung von der Erde ist; daß dahero seine Schwere nach einem kleinern Verhältnisse, als dem umgewendeten Verhältnisse des Quadrates seiner Entfernung abnimmt, und sich also seine Apsiden rückwärts bewegen oder rückgängig seyn werden. Weil aber die Anziehungskraft der Sonne die Schwere des Mondes mehr in der Zusammenkunft und dem Gegenscheine vermindert, als sie dieselbe in den Vierteln vermehrt, so übertrifft die rechtläufige Bewegung die rückgängige, und nach Vollendung eines Umlaufes werden die Apsiden nach der Ordnung der Zeichen fortgerückt seyn.

157. Wenn die Fläche der Bahn des Mondes in die Fläche der Ecliptik fiele, so würden dieses die einzigen Ungleichheiten seyn, welche von der Anziehung der Sonne herrühren, weil sie aber gegen die Fläche der Ecliptik unter einem Winkel von ohngefähr fünf Graden geneigt ist, so würkt nicht die ganze störende Kraft auf seine Bewegung in seiner Bahn, sondern ein kleiner Theil davon wird angewendet, ihn aus seiner Fläche zur Fläche der Ecliptik zu ziehen.

Wenn von den Kräften MK und MI (fig. 48), welche die Bewegung des Mondes stören MI allezeit in der Richtung des Halbmessers liegt, so kann sie keine Würkung äußern, um ihn aus der Fläche seiner Bahn zu ziehen; und wenn die Kraft MK würklich mit der Tangente zusammenfällt, wie wir bishero bey Weglassung der kleinen Abweichung, welche von der Schiefe der Bahn des Mon-

des entstehet, angenommen haben, so ist klar, daß ihre Würkung blos in der Beschleunigung und Verzögerung der Bewegung des Mondes bestehen werde ohne auf die Fläche seiner Bahn einen Einfluß zu haben. Da aber diese Kraft allezeit gegen einen Punct in der Linie, welche durch die Mittelpuncte der Sonne und der Erde gehet, gerichtet ist, so erhellet, daß sie nur alsdenn mit der Tangente in eine Fläche fallen könne, wenn diese Linie in der Fläche der Bahn des Mondes liegt, das ist, wenn sich die Knoten in der Zusammenkunft oder dem Gegenscheine befinden. Zu jeder andern Zeit muß sich die Kraft MI nördlich oder südlich von der Tangente abneigen, und als eine mit der Bewegung des Mondes zusammengesezte Kraft wird sie nach den vorhin erklärten Umständen dieselbe nicht blos beschleunigen oder langsamer machen; sondern sie wird auch seine Richtung ändern, welche sich nach der Seite der Bahn neigen wird, auf welcher der Punct liegt, gegen den MI gerichtet ist. Diese Neigung verursacht, daß der Mond entweder eher oder später in der Ecliptik ankommt, als es außerdem geschehen seyn würde; oder mit andern Worten, daß der Punct der Ecliptik, wo seine Bahn die Ecliptik durchschneidet, entweder dem Monde näher oder von ihm weiter entfernet ist, als der Punct wo sie dieselbe durchschnitten haben würde, wenn solche Neigung nicht statt gefunden hätte.

Um dieses zu erläutern, stelle die elliptische Projection COQN (fig. 49) einen Kreis in der Fläche der Ecliptik vor, und MOPN die Mondsbahn, welche die Ecliptik in den Knoten N und O durchschneidet. Es sey der Mond in dem nördlichen Theile seiner Bahn bey M und bewege sich gegen den Knoten O; so wird die störende Kraft MK, welche gegen einen Punct der Linie SE südlich von der Tangente MT gerichtet ist, mit der Tangentialkraft zusammengesezt seyn, und verursachen, daß der Mond den Bogen Mm, dessen Tangente MR ist, an statt des Bogens MO beschreibt; daher sagt man, der Knoten O sey nach M

gerückt. Auf eben die Art läßt sich die Bewegung der Knoten in allen andern Lagen erklären.

Diese Bewegung hängt sichtbarlich von einem doppelten Umstande ab, nämlich von der Größe und Richtung der Kraft MK. Wenn die Kraft MK zunimmt indem ihre Richtung dieselbe bleibt, so wird sich dieser Bogen mehr von der Bahn des Mondes abneigen; und wenn im andern Falle sich ihre Richtung so verändert, daß sie beynahe einen rechten Winkel mit der Tangente macht, so wird sie eine größere Neigung hervorbringen, wenn gleich ihre Größe unverändert bleibt. Wenn der Mond in den Vierteln ist, so verschwindet die Kraft MK, wie wir gezeigt haben; folglich werden die Knoten stillestehend seyn. Wenn der Mond 45 Grad von den Vierteln entfernet ist, wird die Kraft MK am größten seyn, in so ferne sie von der Größe von MK abhängt. Die Richtung dieser Kraft ist aber in dergleichen Fällen von der Lage der Knotenlinie abhängig. Wenn die Knotenlinie in die Linie fällt, welche durch die Mittelpuncte der Sonne und der Erde gehet, so fällt die Kraft MK mit der Tangente der Mondsbahn zusammen, und die Knoten sind stillestehend. Je weiter sich aber die Knoten von dieser Linie entfernen, desto weiter ist auch diese Linie von der Fläche der Mondsbahn entfernet, und wenn sich die Knotenlinie in den Vierteln befindet; so wird die Linie, welche durch die Mittelpuncte der Sonne und der Erde gehet, einen Winkel mit der Fläche der Mondsbahn machen, welcher ihrer ganzen Neigung gleich ist oder fünf Grade beträgt: folglich ist der Winkel, welcher unter diesen Umständen von MK und der Tangente abgeschnitten wird, am größten, da sich MK gegen einen Punct einer Linie neigt, welche sich von der Fläche der Mondsbahn weiter, als zu jeder andern Zeit entfernet: und es ist daher alsdenn die Bewegung der Knoten am beträchtlichsten.

158. Um die Größe und Richtung der Bewegung der Knoten zu bestimmen, nehme man an, der Mond befinde

sich in dem Viertel vor seiner Zusammenkunft, und der Knoten, gegen den er sich bewegt, sey zwischen ihm und der Zusammenkunft. In diesem Falle ist seine Bewegung gegen einen Punct der Ecliptik geneigt, welcher wenig von dem Puncte abstehet, gegen den die Kraft MK gerichtet ist. So wird alsdenn die Kraft MK mit der Bewegung des Mondes zusammengesezt verursachen, daß sie sich gegen einen Punct der Ecliptik neige, der weiter entfernet ist, als er es ausserdem gewesen seyn würde; oder mit andern Worten, es wird alsdenn der Knoten, zu welchem sich der Mond hinbewegt, gegen die Zusammenkunft fortrücken. Wenn der Mond den Knoten erreicht hat, wird sein Lauf gegen den andern Knoten gerichtet seyn, welcher ein entfernterer Punct in der Ecliptik ist, als der Punct, gegen den MK gerichtet ist, und dahero wird MK mit seiner Bewegung zusammengesezt verursachen, daß sie gegen einen weniger entfernten Punct gerichtet ist, als es außerdem geschehen seyn würde; daß also auch in diesem Falle dieser vorangehende Knoten gegen die Zusammenkunft bewegt wird. Wenn der Mond durch die Zusammenkunft gegangen ist, fährt die Kraft MK noch fort, seinen Lauf gegen die Ecliptik zu neigen, und folglich geschieht die Bewegung des Knotens auf dieselbe Art, bis er in dem Viertel angekommen ist. Nimmt man hingegen an, daß der Mond in der Zusammenkunft, und der Knoten, gegen welchen er sich bewegt, zwischen ihm und dem Viertel sey; so wird in diesem Falle die Kraft MK in Zusammensezung mit der Bewegung des Mondes veranlassen, daß er sich gegen einen weniger entfernten Punct der Ecliptik bewegt, als er es ausserdem gethan haben würde, daß also der vorangehende Knoten der Zusammenkunft näher gebracht wird. Wenn der Mond durch den Knoten gegangen ist, fährt die Kraft MK immer noch fort, seinen Lauf nach derselben Seite seiner Bahn zu lenken, und bringt einen entgegengesezten Erfolg hervor; da sie nämlich vorhero ein Convergiren mit der Ecliptik veranlaßte, so verursacht sie izt ein

Divergiren, und seine Bewegung ist dahero beständig gegen einen entfernteren Punct in der Ecliptik gerichtet, als es außerdem geschehen seyn würde; wodurch der vorangehende Knoten auch in diesem Falle der Zusammenkunft näher gebracht wird.

Da diese störenden Kräfte in der Hälfte der Mondsbahn, welche von der Sonne am weitesten abliegt, sehr nahe dieselben sind; so gelten auch diese leztern Säze, wenn er sich in diesem Theile seiner Bahn befindet, wo man nur an statt des Wortes Zusammenkunft das Wort Gegenschein aller Orten zu sezen hat.

Hieraus ist leicht diese allgemeine Regel herzuleiten, daß wenn der Mond in dem Theile seiner Bahn ist, welcher der Sonne am nähesten liegt, der Knoten, gegen den sich der Mond bewegt, der Zusammenkunft näher gebracht werde, und daß wenn sich der Mond in dem von der Sonne entferntesten Theile seiner Bahn bewegt, der Knoten, gegen den die Bewegung geschiehet, nach dem Gegenscheine zu fortrücke.

Es stehe der Mond in Q (fig. 50) oder in dem Viertel vor der Zusammenkunft, so wird der vorangehende Knoten, wenn er um 90 Grade entfernet oder in der Zusammenkunft C ist, stillestehend seyn; wenn er sich aber in einer größer oder kleinern Entfernung befindet, so wird er vermöge der allgemeinen Regel nach C zu fortrücken. Wenn dahero die Knoten in der Linie MN liegen; so wird der vorangehende Knoten M, in Fall er um weniger als 90 Grade von Q entfernet ist, sich gegen C zu bewegen oder rechtläufig seyn, so lange sich der Mond durch den Bogen QM bewegt; sodann wird N der vorangehende Knoten und bewegt sich ebenfalls gegen die Zusammenkunft C oder rückgängig indem der Mond durch den Bogen MR läuft. Weil nun MR größer als QM ist, so ist die rückgängige Bewegung größer als die rechtläufige. Ferner, wenn die Knoten in der Linie nm liegen und der vorangehende Knoten n um mehr als 90 Grade von Q entfernet ist, so wird

er sich gegen C bewegen oder rückgängig seyn, so lange der Mond durch den Bogen Qn läuft; hierauf wird m der vorangehende Knoten, der sich ebenfalls gegen die Zusammenkunft C bewegt oder rechtläufig ist, indem er durch den Bogen nR fortrückt. Da nun der Bogen Qn größer als nR ist, so wird hier ebenfalls seine rückgängige Bewegung gröfser, als die rechtläufige seyn. Wenn sich die Knoten in den Vierteln QR befinden, so bewegt sich der vorangehende Knoten R gegen C oder er ist rückgängig, so lange der Mond den Bogen QR oder beynahe die Hälfte der Bahn durchläuft. Eben dieses läßt sich bey der andern Hälfte der Bahn zeigen; es ist dahero bey jedem Umlaufe des Mondes die rückgängige Bewegung der Knoten größer als die rechtläufige, und im Ganzen genommen haben die Knoten einen der Ordnung der Zeichen entgegengesezten Umlauf.

159. Die Linie, welche durch die Zusammenkunft gehet, wird von der jährlichen Bewegung der Erde während eines Jahres in Ansehung der Knoten, auch ohne ihre eigene Bewegung, in jede mögliche Lage gebracht; daher kömmt es, daß die Veränderungen ihrer Lage in beynahe 19 Jahren vollendet werden.

Da die Neigung der Bahn des Mondes derjenige Winkel ist, welchen sein Lauf mit der Fläche der Ecliptik einschließt, so erhellet aus dem, was wir angemerkt haben, daß sich dieser Winkel fast beständig verändere. Man seze, die Knotenlinie sey in ihrer rückgängigen Bewegung; sie rücke aus der Zusammenkunft C (fig. 51) und komme in die andere und vierte Quadratur in die Lage MN, und der Mond bewege sich von dem Knoten M nach dem Knoten N; weil nun der vorangehende Knoten sich vermöge der allgemeinen Regel gegen die Zusammenkunft C bewegt, wenn der Mond in der nähern Hälfte seiner Bahn ist, so muß der Lauf des Mondes beständig mehr und mehr gegen die Ecliptik gebeugt werden, bis er in R ankommt. Diese

Beugung in den ersten 90 Graden oder durch MA von M vermindert um so viel das Divergiren ihrer Bahn mit der Ecliptik, welches sie außerdem gehabt haben würde, das ist, ihr Neigungswinkel wird vermindert. Von A nach R fängt sein Lauf an mit der Ecliptik zu convergiren, und dieses Convergiren ist durch die Einbeugung, welche durch die Verminderung des Divergirens in den vorhergehenden 90 Graden entstanden war, größer geworden; es wird also in den Bogen AR die Neigung größer seyn. Während seiner Bewegung von R nach N rückt der Knoten nach dem Gegenscheine O fort, und folglich wird der Winkel der Mondsbahn bey N kleiner geworden seyn, als er gewesen seyn würde, wenn sich der Knoten nicht bewegt hätte, oder mit andern Worten, die Neigung seiner Bahn wird kleiner seyn. Und weil der Bogen MA mit dem Bogen RN zusammengesezt größer ist, als der Bogen AR, so ist die Neigung bey dem leztern Knoten kleiner, als bey dem vorhergehenden; uud eben dieses kann von der andern Hälfte seiner Bahn NQM gezeigt werden. Indem sich dahero die Knoten von der Zusammenkunft und dem Gegenscheine gegen die Viertel bewegen, wird die Neigung der Mondsbahn im Ganzen genommen bey jedem Umlaufe vermindert, bis sie in den Vierteln ankommen, zu welcher Zeit sie unter allen am kleinsten ist. Wenn die Knotenlinie durch die Viertel gegangen ist, und sich bey dem ersten und dritten Viertel in mn befindet, kann man auf dieselbe Art sehr leicht zeigen, daß die Neigung zunehme, wenn der Mond von m nach Q läuft, daß sie sich alsdenn durch den Erfüllungsbogen des erstern, oder durch Qa vermindere und hernachmals bey den andern 90 Graden oder durch an zunehme; und eben dieses kann von dem andern halben Umlauf nRm erwiesen werden. Indem also die Knoten von den Vierteln gegen die Zusammenkunft und den Gegenschein rücken, nimmt die Neigung um so viel Grade zu, um welche sie vorhero vermindert worden war, bis sie in der Zusammenkunft und dem Gegenscheine angekommen ist,

zu welcher Zeit sie wieder ihre erste Größe, welche die größte unter allen ist, erreicht hat.

Die Knotenlinie kömmt während eines ganzen Umlaufs in Ansehung der Sonne zweymal in die Viertel und zweymal in die Zusammenkunft und den Gegenschein. Es wird dahero die Neigung der Mondsbahn gegen die Ecliptik zweymal bey jedem Umlaufe der Knoten vermindert und vergrößert.

Alle diese Ungleichheiten der Bewegung des Mondes sind etwas größer, wenn er sich in der Hälfte seiner Bahn, welche der Sonne am nähesten ist, befindet, als wenn er in der andern Hälfte stehet; die Ursache hiervon ist, weil der Unterschied der Quadrate der Entfernungen des Mondes und der Erde von der Sonne verhältnißmäsig größer ist in dem erstern, als in dem leztern Falle bey gleichen Elongationen von dem Viertel, daß folglich die davon herkommenden störenden Kräfte beträchtlicher seyn müssen.

Ob sich gleich der Mond würklich um den gemeinschaftlichen Schwerpunct zwischen ihm und der Erde, nicht aber um die Erde selbst bewegt, folglich ihre Bewegungen und Ungleichheiten einander ähnlich sind und sich nicht auf den Mond allein einschränken; so läßt sich jedoch leicht einsehen, daß unsere Schlüsse dieselben seyn werden, wenn wir der Kürze wegen annehmen, daß einer von beyden Körpern ruhe und der andere um ihn herumlaufe.

160. Eben dergleichen Ungleichheiten finden bey den Hauptplaneten wegen ihrer gegenseitigen Würkungen auf einander statt, jedoch sind sie beynahe unbeträchtlich. Man hat dahero gefunden, daß sich die Apsiden der untern Planeten vorwärts bewegen, jedoch so langsam, daß einige sogar an ihrer Bewegung zweifeln. Wenn sich die Apsiden des Mars in hundert Jahren 35′ bewegen, so hat man durch Rechnung gefunden, daß sich die Apsiden der Erde, der Venus und des Merkur in derselben Zeit um 18′ 36″; 11′ 27″ und 4′ 29″ bewegen. Die Würkungen der untern Planeten auf einander sind wegen der gerin-

gern Größe ihrer Körper sehr klein; allein die Würkungen des Jupiter und Saturn sind nicht so unmerklich. Wenn Jupiter zwischen der Sonne und dem Saturn stehet, würkt seine ganze Anziehungskraft auf den Saturn und vermehrt seine Schwere gegen die Sonne. Man hat aus Vergleichung der Massen des Jupiter und der Sonne und den Quadraten ihrer Entfernungen von dem Saturn gefunden, daß dieses Wachsthum $\frac{1}{2074}$ von der Würkung der Sonne auf den Saturn ausmache; welche ihn also um so viel von seiner Bahn ablenkt, als von den Astronomen bemerkt worden ist. Saturn würkt hingegen bey der Zusammenkunft auf den Jupiter und die Sonne nach einerley Richtung, und stört dahero ihre relativen Stände nur in so fern, als seine Würkungen auf sie ungleich sind. Den Unterschied dieser Würkungen hat man aus eben den Gründen $\frac{1}{1923}$ der ganzen Schwere des Jupiters gefunden.

Drittes Kapitel.

Von der Gestalt der Planeten, der Vorrückung der Aequinoctialpuncte und dem Wanken der Erdaxe.

161. Eine Menge flüssiger Materie strebt für sich selbst, vermöge ihrer Schwere, eine Kugel zu bilden. Denn wenn man sich die ganze Masse in eine Menge ähnlicher Pyramiden oder Säulen getheilet denkt, welche sich in dem Schwerpuncte endigen, und eine von diesen Säulen länger als die übrigen ist; so wird ihr größeres Gewicht verursachen, daß sie sich bewege und sich gegen den Schwerpunct senke, bis ihr Gewicht und folglich ihre Höhe den übrigen Säulen gleich ist. Eben dieses gilt von allen andern hervorragenden oder längern Säulen. Wenn dahero alle diese Forderungen erfüllt sind und die Masse ruhet; so wird sie einen solchen Körper bilden, dessen Oberfläche allenthalben von dem Mittelpuncte gleich weit entfernet ist. Und dieses ist die Eigenschaft einer Kugel.

Dieses findet bey einer Masse statt, deren Theile einerley Lage gegen ihren Mittelpunct behalten; allein wenn die Kugel um ihre Axe bewegt wird, so vermindert die hieraus entstehende Centrifugalkraft die Schwere aller ihrer Theile, diejenigen ausgenommen, welche in der Axe der Umdrehung liegen. Diese Verminderung wird bey dem Aequator am größten seyn, weil hier die Geschwindigkeit größer ist und die Centrifugalkraft der Schwerkraft entgegen würkt; und je näher die Parallelkreise der Breite oder die Kreise der Umdrehung den Polen liegen, desto weniger wird die Schwere der Theile vermindert, weil obige beyde Ursachen kleiner sind. Es wird dahero das Gleichgewicht, in welchen sich vorhero die Säulen bey der kugelförmigen Gestalt befanden, aufgehoben werden und eben dasselbe wird erfolgen müssen, was geschehen würde, wenn die Säulen bey dem Aequator kürzer wären; das ist, die Säulen bey den Polen werden unverändert bleiben, und die Säulen bey dem Aequator länger werden, bis der Unterschied ihrer Längen den Unterschied ihrer Schweren ersezt. Es wird also die Kugel durch ihre Umdrehung in einen Körper verwandelt werden, dessen Halbmesser unter dem Aequator am längsten und unter den Polen am kürzesten sind, und wo die Axe der kürzeste aller Durchmesser ist.

162. Aus einer auf diese und andere Betrachtungen gegründeten Berechnung zeigt sich, daß die Körper unter dem Aequator der Erde mehr als $\frac{1}{229}$ ihrer Schwere verlieren und daß wenn die Erde allenthalben von gleichförmiger Dichtigkeit angenommen wird, sich der Durchmesser des Aequator zur Axe wie 230 zu 229, verhalte. Denn was von einer flüssigen Masse gesagt worden ist, wird auch von der Erde gelten, weil das Weltmeer, wenn sie nicht diese Gestalt hätte, sondern kugelförmig wäre, die Länder um den Aequator überschwemmen, und von den Polarländern, welche viele Meilen über die Wasserlinie hervorragen müßten, zurückweichen würde. Die Erfahrung zeigt aber, daß das Land überhaupt genommen an einem Theile der

Erde nicht weiter über das Meer erhaben sey, als an dem andern Theile.

Diese Abnahme der Schwere bey dem Aequator ist an der Bewegung der Pendel merklich zu sehen. Denn ein Pendel, welches unter einer größern Breite Secunden schlägt, wird unter dem Aequator langsamer befunden, und zwar in einem größern Verhältnisse, als daß es von der Verlängerung der Stange durch die Wärme entstehen könnte; dieses geschiehet auch an den kältesten Oertern auf dem Gebürge des spanischen Amerika, welche beständig mit Schnee bedeckt sind. Aus der angegebenen Verminderung der Schwere ist es leicht, die Länge eines Pendels zu berechnen, welches unter einer gegebenen Breite Secunden schlagen soll, und aus der Uebereinstimmung dieser Berechnungen mit den Beobachtungen wird sowohl die gedrückte Gestalt der Erde, als auch die tägliche Umwälzung, aus welcher sie entstehet, bestätiget *).

Eben diesen Schluß hat man auch aus den Unternehmungen vieler scharfsinnigen und gelehrten Männer hergeleitet, welche die Länge eines Grades vom Meridian unter verschiedenen Breiten würklich gemessen haben, und woraus erhellet, daß die Grade gegen die Pole zu kürzer sind, als gegen den Aequator. Da nun folglich der Halbmesser kürzer seyn muß; so sind die Polarländer dem Mit-

*) Vermöge der an verschiedenen Orten beobachteten Pendellängen, und der Newtonischen Regel, daß sich das Wachsthum der Schwerkraft von dem Aequator bis zu dem Polen beynahe wie das Quadrat des Sinus der Breite verhalte, ist die Länge des Secundenpendels unter dem Pole 36 Zoll 9,52 Linien pariser und unter dem Aequator 36 Zoll 7,22 Linien; das Verhältniß der Schwere an beyden Orten 441,52 zu 439,22 und das Verhältniß des Durchmessers des Aequator zu der Axe 230 zu 228,8. Welches Verhältniß also mit den obigen Newtonischen Bestimmungen, die er l. III. p. 19 angegeben hat, und mit den Messungen selbst sehr nahe übereinkömmt. L.

telpuncte näher, oder mit andern Worten, die Erde ist bey den Polen abgeplattet.

Diese Messungen verschaffen uns den Erfahrungsbeweis von der Umdrehung der Erde um ihre Axe; denn es ist ausgemacht, daß die Centrifugalkraft nur bey einer absoluten Bewegung hervorgebracht werden könne; und da man die Würkungen dieser Kraft in der Gestalt der Erde und gar nicht an dem Himmel bemerkt, so muß die Bewegung der Erde absolut und wahr, die Bewegung des Himmels aber relativ und scheinbar seyn.

163. Der Planet Jupiter drehet sich in weniger als zehen Stunden um seine Axe; eine Geschwindigkeit, welche die Geschwindigkeit der Erde weit übertrifft, und solchemnach weicht seine Gestalt noch mehr von der Kugelgestalt ab. Nach den Beobachtungen der Astronomen übersteigt der Durchmesser seines Aequator seine Axe in dem Verhältnisse wie 13 zu 12 *).

164. Wenn eine Anzahl flüssiger Körper sich um die Erde in gleichen Entfernungen von ihrem Mittelpuncte bewegte; so würden sie wegen Würkung der Sonne oder aller andern Planeten eben denselben Ungleichheiten, wie der Mond unterworfen seyn; sie würden nämlich näher seyn und sich schneller bewegen in der Zusammenkunft und dem Gegenscheine, als in den Vierteln. Und wenn deren Anzahl so groß wäre, daß sie sich berührten und einen flüssigen Ring oder Kreis bildeten, so würden die Theile dieses Ringes auf eben die Art veränderlich seyn. Wäre derselbe gegen die Ecliptik geneigt, so würden die Knoten in der Zusammenkunft und dem Gegenscheine stillestehend seyn und sich rückgängig bewegen bey andern Lagen, am geschwindesten aber, wenn sie in den Vierteln wären. Seine Neigung würde sich ebenfalls bey jedem Umlaufe verändern und während eines Umlaufes in weniger als einem

*) Nach den genauesten Ausmessungen wie 14 zu 13; wie der Hr. Prof. Bode angiebt. Herr Cassini fand es 15 zu 14. L.

Jahre würde sie nach der Ordnung zweymal kleiner und größer werden.

Es sey dieser flüssige Ring von demselben Durchmesser als die Erde in einer bey dem Aequator um die Erde befindlichen Vertiefung, und bewege sich in eben der Zeit und nach derselben Richtung um ihre Axe; so würde er sich bey der Zusammenkunft und dem Gegenscheine geschwinder als die Oberfläche der Erde und in den Vierteln langsamer bewegen, und folglich würde in Ansehung der Oberfläche der Erde Ebbe und Fluth wie bey dem Meere entstehen. Denn wegen der größern Geschwindigkeit bey der Zusammenkunft und wegen der langsamern Bewegung in den Vierteln wird das Wasser zwischen der Zusammenkunft oder dem Gegenscheine und dem folgenden Viertel einen Haufen machen oder sich erheben, da es unterdessen in dem andern Viertel vor der Zusammenkunft oder dem Gegenscheine abnehmen wird.

Wenn man annimmt, dieser Ring gefriere oder werde in einen festen Körper verwandelt, so wird Ebbe und Fluth aufhören; aber das Verrücken der Knoten und die schwankende Zu- und Abnahme der Neigung wird bleiben. Sezt man, daß der Ring mit der Oberfläche der Erde bey dem Aequator zusammenhänge, an statt wie vorhin in einer Hohlung zu schweben; so wird er einen Theil seiner Bewegung der Erde mittheilen und die Durchschnittspuncte des Aequator werden zurückweichen; jedoch viel langsamer, als die Knoten des Ringes zurückgegangen seyn würden, wenn er nicht mit der Erde zusammengehangen hätte, und die Schiefe der Ecliptik, oder der Winkel, welchen der Aequator mit der Ecliptik einschließt wird zweymal in einem Jahre wechselsweise kleiner und größer werden. Die Erhebung der Erde unter dem Aequator hat eben dieselbe Würkung, als ein solcher Ring haben würde, denn die größere Menge Materie in diesen Gegenden ersezt ihre Stelle.

165. Die Astronomen fangen das Jahr im Frühlinge an, wenn die Sonne in dem Knoten des Aequator oder in

dem **Aequinoctialpuncte** stehet, wo die Tage in der nördlichen Halbkugel anfangen länger zu werden. Es erhellet aber, daß wenn die Aequinoctialpuncte keine Bewegung hätten, die Erde einen Umlauf in ihrer Bahn in derselben Zeit vollenden würde, als die Sonne von einer Nachtgleiche bis sie wieder in dieselbe kömmt, nöthig hat. Allein, vermöge der rückgängigen Bewegung der Knotenlinie des Aequators oder des Durchmessers der Erde, welcher durch die Aequinoctialpuncte gehet, wird sie mit der Linie, welche durch die Mittelpuncte der Sonne und der Erde gehet, eher zusammenfallen, ehe ihr periodischer Umlauf vollendet ist; und dahero werden die Jahreszeiten in weniger Zeit geendigt, als die Erde einen Umlauf in ihrer Bahn vollendet hat. Die Anziehungskräfte der Sonne so wohl, als des Mondes gegen die größere Menge Materie unter dem Aequator streben diese Bewegung hervorzubringen, welche so gering ist, daß sie noch keinen ganzen Umlauf in 25000 Jahren vollendet. Dieses wird die **Vorrückung der Nachtgleichen** genennet, weil die Fixsterne in einem Jahre um 50 Secunden in der Länge sich vorwärts zu bewegen scheinen; daher ist es gekommen, daß seit den Zeiten des Ptolemäus die himmlischen Zeichen beynahe um ein ganzes Zeichen vorgerückt sind; daß dahero das Sternbild Widder in dem Puncte der Ecliptik liegt, welcher Stier genennet wird, der Stier in dem Puncte der Zwillinge u. s. w. Der Unterschied zwischen dem natürlichen Jahre oder dem Umlaufe der Jahreszeiten (dem tropischen Umlaufe L.) und dem periodischen Jahre oder der Zeit, in welcher die Erde einen Umlauf in ihrer Bahn vollendet (dem Syderal-Umlaufe) 20 Minuten 17 Secunden; denn das natürliche Jahr hält 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 57 Secunden, und das periodische Jahr 365 Tage 6 Stunden 9 Minuten 14 Secunden *).

*) Herr De la Lande sezt den tropischen Umlauf 365 T. 5 St. 48′ 45, 5″; den Syderal-Umlauf 365 T. 6 St. 9′ 11, 2″. L.

166. Die schwankende Veränderung der Neigung des Aequator gegen die Ecliptik heißt die Nutation (oder das Wanken L.) der Erdaxe *), und ist viel zu klein, als daß sie nach den gegenwärtigen Beobacheungsmethoden merklich werden sollte.

Viertes Kapitel.

Von der Ebbe und Fluth.

167. Ob man gleich die Ursache der Ebbe und Fluth aus dem, was wir in dem vorhergehenden Kapitel gesagt haben, vermuthen kann; so wird es jedoch nicht undienlich seyn, wenn wir sie noch ausführlicher erklären, da sie der einzige sichtbarliche Beweis ist, den wir von der gegenseitigen Anziehungskraft der Himmelskörper haben, und vor Newton ein nodus philosophorum war *).

Wenn die Erde überall mit einem tiefen Meere bedeckt wäre; so würde, wie aus den oben angegebenen Gründen erhellet, das Wasser bey der täglichen Umwälzung sich nicht mit derselben gleichförmigen Geschwindigkeit als die Erde bewegen. Denn man nenne den scheinbaren täglichen Umlauf des Mondes einen Mondtag und theile ihn in 24 gleiche Theile oder Stunden, so wird das Wasser, welches sich in dem Meridiane befindet, in welchem jedesmal

*) Bradley, der ihre Geseze zuerst entdeckte, hat viele Beobachtungen darüber angestellt, welche sich in den Philos. Trans. 485 Num. 1 Art und in dem Hamb. Magazin 3 B. 6 St. befinden. Man kann annehmen, daß die Schiefe der Ecliptik auf das höchste um 9″ größer oder kleiner werde. L.

**) Kepler gab zuerst in seiner Astronomia lunari S. 70. zur Ursache der Ebbe und Fluth die Sonne und den Mond an, welche das Meerwasser vermöge einer der magnetischen fast ähnlichen Kraft an sich ziehen. Newton nahm Keplers Meynung an; vereinigte diese Anziehung mit der allgemeinen Anziehungskraft oder allgemeinen Schwere, und erklärte daraus die sich dabey ereignenden Erscheinungen. L.

der Mond stehet, sich geschwinder bewegen, und das Wasser in einem um 6 Stunden nach Osten oder Westen entfernten Meridiane wird sich langsamer bewegen; weil das Wasser in jedem Breitenkreise als ein flüssiger Ring angesehen werden kann, und von der störenden Kraft beynahe nach dem Verhältnisse der Durchmesser angegriffen wird. Da also das Meer unter dem Meridiane, wo der Mond stehet, beschleuniget und unter dem Meridiane, welcher um 90 Grade oder 6 Stunden nach Osten entfernet ist, langsamer wird; so muß es sich zwischen beyden Oertern erheben, und die größte Höhe desselben wird in der Hälfte der Entfernung oder in dem Meridiane seyn, durch welchen der Mond vor drey Stunden gegangen ist. Da nun auf der andern Seite die langsamere Bewegung in den andern 90 Graden nach Westen das Wasser von dem Zuflusse eben so sehr zurückhält, als die schnellere Bewegung unter dem Meridian, in welchem der Mond stehet, dasselbe forttreibt; so muß folglich das Meer zwischen den beyden Oertern niedergedrückt werden, und der niedrigste Stand wird sich in der Hälfte der Entfernung oder in dem Meridiane befinden, in welchen der Mond nach drey Stunden kömmt. Eine ähnliche Erhebung und Verminderung des Wassers wird sich an den Oertern ereignen, welche diesen angegebenen Oertern vollkommen entgegengesezt sind, jedoch sind sie nicht vollkommen von derselben Größe. Die störende Kraft der Sonne wird auf ähnliche Art würken, jedoch nicht so stark; denn obgleich die anziehende Kraft des Mondes sehr viel kleiner ist, als die anziehende Kraft der Sonne, so werden doch wegen seines in Vergleichung mit der Entfernung der Sonne von der Erde sehr kleinen Abstandes die Kräfte, mit welchen er auf verschiedene Theile der Erde würkt, auf sie außer der parallelen und gleichen Lage viel beträchtlichere Veränderungen hervorbringen; und die Ungleichheiten, welche bey einem jeden System von den Würkungen der Kräfte von außen her entstehen, werden, nicht von der ganzen Würkung der Kräfte, son-

dern nur von den Unterschieden ihrer Größe oder der nicht parallelen Richtung hervorgebracht.

Hieraus erhellet also, daß das Meer so weit es die Umstände verstatten, an jedem Orte seinen höchsten und tiefsten Stand in jedem Mondstage abwechselnd zweymal erreichen werde. Einmal erhebt es sich drey Mondsstunden darauf, nachdem der Mond durch den Meridian des Ortes gegangen ist und das anderemal zwölf Stunden darauf, oder drey Stunden darauf nachdem der Mond durch den entgegengesezten Meridian des Ortes gegangen ist; und sechs Stunden nach jeder dieser größten Höhen wird der tiefste Stand erfolgen. Dieses siehet man bey der Ebbe und Fluth des Atlantischen Meeres an den westlichen Küsten von Europa und Afrika und des stillen Meeres an den offenen Küsten von Asien und Amerika, wo allezeit drey Stunden darauf, nachdem der Mond durch den Meridian gegangen ist, die Fluth erfolgt, ausgenommen an den Oertern, wo die Bewegung des Meeres durch Sandbänke und Untiefen etwas gehindert wird.

168. Die Würkungen der störenden Kräfte der Sonne und des Mondes sind nicht abgesondert zu betrachten, sondern miteinander zusammengesezt bringen sie eine Bewegung hervor, welche von derjenigen verschieden ist, die aus der einfachen Würkung eines von beyden Himmelskörpern entstehen würde. Zu der Zeit der Zusammenkunft und des Gegenscheines sind ihre Würkungen vereiniget und die Fluthen sind am größten, man nennet sie die hohe See. Wenn der Mond in dem Viertel ist, erhebt die Sonne an dem Orte das Wasser, wo es wegen der Würkung des Mondes fällt; und an dem Orte, wo es von der Sonne niedergezogen wird, erhebt es der Mond; aus diesem Unterschiede ihrer Würkungen entstehet dahero der niedrige Stand oder die sogenannte tiefe See; und weil die Würkung des Mondes größer, als die Würkung der Sonne ist, so erfolgt das hohe Wasser nach der dritten Mondstunde. Ausserdem würde das hohe Wasser, wel-

ches von der anziehenden Kraft des Mondes entstehet, in die dritte Mondstunde, und das, was von der Anziehungskraft der Sonne entstehet, in der dritten Sonnenstunde erfolgen; allein, da die Kräfte zusammengesezt sind, verursachen sie eine Fluth, welche sich in der Zwischenzeit ereignet, jedoch so, daß sie wegen der größern Kraft des Mondes der dritten Mondstunde am nähesten ist. Wenn also die dritte Sonnenstunde vor der dritten Mondstunde einfällt, welches geschiehet, wenn der Mond in dem ersten und dritten Viertel ist, so kömmt das hohe Wasser vor der dritten Mondstunde, und das Gegentheil erfolgt, wenn die dritte Mondstunde eher als die dritte Sonnenstunde einfällt, welches in dem Voll- und Neumonde geschiehet. Es ist noch anzumerken, daß wir hier keinen Unterschied zwischen den Sonnen- und Mondstunden machen, wenn er durch den Meridian über oder unter dem Horizonte gehet, weil alsdenn die Erfolge in Ansehung der Fluthen beynahe einerley sind.

Die Erfolge der störenden Kräfte der Sonne und des Mondes hängen ebenfalls von ihren jedesmaligen Entfernungen von der Erde ab. Denn diese Erfolge sind größer in kleinern Entfernungen. Weil also im Winter, wenn die Erde in ihrer Sonnennähe ist, die Sonne näher ist, so wird die Fluth etwas größer und die Ebbe etwas kleiner seyn, als im Sommer, und da der Mond jeden Monath in seine Erdnähe kömmt, so verursacht er alsdenn unter dergleichen Umständen größere Fluthen, als zu andern Zeiten; daher kömmt es, daß wenn die Fluth am größten ist, indem der Mond in seiner Erdnähe ist, die darauf folgende Fluth kleiner sey, weil der Mond alsdenn in seiner Erdferne oder in der größten Entfernung seyn wird.

Die Fluthen ändern sich ebenfalls bey veränderten Abweichungen der Sonne und des Mondes. Denn wenn einer von diesen Himmelskörpern in den Polen stände, so

würde er den täglichen Umlauf des Wassers weder beschleunigen noch verzögern, sondern er würde es bey den Polen beständig erheben, die Würkung der Schwere vermindern und bey dem Aequator einen beständigen niedrigen Stand verursachen. Es würde dahero das abwechselnde Steigen und Fallen des Wassers oder Ebbe und Fluth nicht hervor gebracht werden. Wenn also die Sonne und der Mond gegen die Pole abweichen, so sind ihre Würkungen verhältnißmäsig kleiner und die Fluthen werden weniger beträchtlich. Wenn die Sonne in dem Aequator und der Mond bey dem Wendekreise stehet oder seine größte Abweichung hat, sind die Fluthen kleiner, als wenn der Mond in dem Aequator und die Sonne in dem Wendekreise stehet: weil in dem ersten Falle der Einfluß der Sonne der größte mögliche, und der Einfluß des Mondes am kleinsten ist; und in dem andern Falle der Einfluß des Mondes der größte mögliche und der Einfluß der Sonne am kleinsten ist: da nun die Fluthen mehr von dem Einflusse des Mondes als der Sonne abhängen, so sind sie am größten, wenn seine Würkung am größten ist. Wenn sowohl die Sonne als der Mond in dem Aequator stehen, werden die Fluthen die größten unter allen seyn. Jedoch weil die Sonne im Winter der Erde näher ist, als im Sommer; so fallen die größten Herbstfluthen gemeiniglich später als die Nachtgleiche, und die größten Frühlingsfluthen kommen gemeiniglich vor der Nachtgleiche.

169. Wenn der Mond entweder nördlich oder südlich von dem Aequator abweicht, so begleitet eine der größten Erhebungen des Wassers den Mond und beschreibt beynahe denselben Parallelkreis der Breite, den der Mond bey seiner täglichen Bewegung scheinbar beschreibt; und da die andere Erhebung um den Durchmesser entgegengesezt ist, so muß sie einen Parallelkreis der Breite auf der andern Seite des Aequator in gleichem Abstande beschreiben. Die größte Erhebung, welche sich auf eben der Seite des Aequator,

wo der Ort liegt, bewegt, wird ihm näher kommen, als die entgegengesezte Erhebung; es werden dahero, wenn der Mond gegen dieselbe Seite des Aequator abweicht, wo der gegebene Ort liegt, die Tagefluthen oder die Fluthen, welche sich ereignen, wenn der Mond über den Horizont ist, größer seyn, und die Nachtfluthen, oder diejenigen, welche geschehen, wenn der Mond unter dem Horizont ist, werden kleiner seyn. Das Gegentheil wird sich ereignen, wenn der Mond gegen die andere Seite von dem Aequator abweicht. Solchemnach ist die Erhebung oder die hohe See wechselsweise größer und kleiner; und der Unterschied ist am größten, wenn sich Sonne und Mond in einerley Wendekreise bewegen, weil sich die beyden entgegengesezten Erhebungen alsdenn in den Wendekreisen bewegen, welche unter allen Parallelkreisen, die sie beschreiben können, von einander am weitesten entfernet sind. Man hat gefunden, daß dieser Unterschied zu Plymouth einen Fuß und zu Bristol funfzehn Zoll betrage.

170. Wenn die Würkungen der Sonne und des Mondes auf einmal aufhören sollten, würden doch Ebbe und Fluth nicht sogleich aufhören, sondern es wird noch einige Zeit die schwankende Bewegung des Wassers fortgesezt werden. Diese Schwankung würde größer seyn, wenn diese Würkungen zur Zeit der größten oder zur Zeit der kleinsten Fluth aufhörten; es werden dahero kleinere Fluthen, welche auf größere folgen, hierdurch größer werden, als größere Fluthen, welche auf kleinere folgen. Folglich ist der Unterschied zwischen den Fluthen kleiner, als er ausserdem seyn würde, und die größten und kleinsten Höhen erfolgen nicht vollkommen in der Zusammenkunft oder dem Gegenscheine und in den Vierteln, sondern um zwo oder drey Fluthen später.

Wenn die größte Beschleunigung und Verzögerung der täglichen Bewegung in einem Meere nicht zu gleicher Zeit geschehen kann, so muß die Erhebung und Senkung kleiner werden; wenn nämlich eine von den Küsten eines Mee-

res weniger als neunzig Grade östlich oder westlich von der andern entfernet ist, und zum Beyspiele die östliche Küste unmittelbar unter dem Monde liegt, so wird die Beschleunigung, indem sie die Erhebung des Wassers veranlaßt, einen Mangel oder ein Fallen des Wassers nach Westen zu verursachen, weil die westlichen Wassertheile langsamer sind, und sich nicht mit einer hinreichenden Geschwindigkeit bewegen um das Wasser zu ersezen, was mit der Beschleunigung nach Osten fortgeführet wird; je grösser nun diese Verzögerung ist, desto grösser ist auch der Mangel oder das Fallen des Wassers. Weil aber vermöge der Vorausseżung die westliche Küste nicht neunzig Grade abstehet; so ist die Verzögerung daselbst nicht so groß, als sie seyn würde, wenn das Meer breiter wäre, und es wird dahero das Fallen nicht so groß seyn. Aus eben dem Grunde erhellet, daß wenn der Mond in dem Meridian der westlichen Küste ist, die Erhebung geringer seyn werde, wenn das Meer weniger als neunzig Grade von Osten nach Westen breit ist. Dahero sind bey schmalen Landseen die Fluthen unbeträchtlich; und aus eben dieser Ursache erreichen die Fluthen in dem Atlantischen Meere zwischen den Wendekreisen keine so große Höhe, als weiter gegen Norden oder Süden, da das Meer zwischen Amerika und Afrika schmäler ist, als unter größern Breiten. Hieraus läßt sich also die Ursache herleiten, warum die Fluthen bey den Inseln St. Helena und Ascension, welche mitten in dem Meere liegen, so klein sind; denn weil sich das Wasser nicht anders an dem einen Ufer erheben kann, als wenn es an dem andern Ufer fällt, so muß es beständig eine mittlere Höhe bey diesen in mittlerer Entfernung liegenden Inseln beybehalten.

Diese Theorie der Ebbe und Fluth kömmt vollkommen mit der Erfahrung bey großen und tiefen Meeren überein; und in kleinen Seen sind die Fluthen, wie man bemerkt hat, sehr klein. Wenn aber die kleinern Meere einen freyen Zusammenhang mit dem Weltmeere haben, so kom-

men die Fluthen in Gestalt einer Welle hinein, wo sie bey ihrer Ankunft aller Orten hohes Wasser verursachen. Solchemnach ist in dem Ocean nach Westen von England und Irland in der dritten Mondstunde die Fluth, nach welcher Zeit das Wasser zu sinken anfängt. Dieses Sinken muß dahero das Wasser rund herum erheben, weswegen in dem englischen Canal um die sechste Stunde eine Fluth einzutreten anfängt, da dessen Bewegung von den Untiefen gehindert wird. Eine andere Fluth tritt gegen Norden bey den Orkney Inseln ein, und strömt nach Süden fort. Da diese Fluthen in ihrem Laufe fortrücken, so entstehet nach und nach an jedem Orte der Küsten, wohin sie kommen, hohes Wasser, und wenn die Welle vor einem Ort vorbeygelaufen ist, fängt das Wasser an zu sinken. So ist zum Beyspiele die Fluth zu Plymouth in der sechsten Stunde, bey der Insel Wight in der neunten Stunde und bey der Londner Brücke in der funfzehenden Stunde darauf, nachdem der Mond durch den Meridian gegangen ist und diese Fluth verursacht hat. Wenn dahero bey Plymouth Fluth ist, wird das Wasser in dem Meere zur Hälfte sich gesenkt haben; wenn es bey der Insel Wight Fluth ist, so ist in dem Meere Ebbe; und wenn bey der Londner Brücke Fluth ist, so wird bey der Insel Wight Ebbe seyn und in dem Meere wird schon eine andere Fluth ihre Höhe erreicht haben.

171. Es giebt Oerter, wo die Fluthen bey demselben Hafen durch verschiedene Straßen oder Canäle ankommen, und durch einen Canal geschwinder, als durch den andern fortrücken; in welchem Falle eine und dieselbe Fluth, welche in verschiedenen Zeiten durch verschiedene Straßen läuft, eine Verschiedenheit in den Erscheinungen hervorbringen muß. Gesezt zwo gleiche Fluthen kommen aus verschiedenen Gegenden bey einem Hafen an, die eine in der dritten und die andere in der neunten Stunde nach dem Durchgange des Mondes durch den Meridian, so kömmt die erstere um sechs Stunden eher, als die leztere; und wenn

man annimmt, der Mond sey in dem Aequator, so wird alle sechs Stunden eine Fluth ankommen, welche zu derselben Zeit hinzufließt, als die vorhergehende gleiche Fluth abläuft, und dadurch verursacht, daß das Wasser einerley Höhe behält und sich den ganzen Tag weder erheben noch fallen wird. Wenn aber der Mond von dem Aequator abweicht, werden die Fluthen in dem Meere abwechselnd größer und kleiner seyn, wie bemerkt worden ist; und dahero werden abwechselnd bey diesen Hafen zwo größere Fluthen von der größern Fluth des Meeres und zwo kleinere von der kleinern Fluth des Meeres herkommen. In der Mitte oder der mittlern Zeit zwischen der Ankunft der zwo größern Fluthen wird also das Wasser am höchsten stehen; zwischen einer größern und kleinern Fluth wird es die mittlere Höhe haben und am niedrigsten wird es in der mittlern Zeit zwischen der Ankunft zwoer kleinern Fluthen seyn. Solchemnach wird das Wasser in einer Zeit von 24 Stunden seine größte Höhe und seine größte Tiefe nur einmal anstatt zweymal, wie es gemeiniglich an andern Orten geschiehet, erreichen; und wenn der Mond auf eben der Seite des Aequator abweicht, gegen welche der Hafen liegt, so werden zwo größere Fluthen in der dritten und neunten Stunde ankommen und die größte Erhebung wird in der sechsten Stunde oder bey dem Untergange des Mondes seyn. Eben diese Erfolge werden statt finden, wenn der Mond auf der entgegengesezten Seite des Aequator abweicht; jedoch mit dem Unterschiede, daß indem vorhin bey dem Untergange und Aufgange des Mondes Fluth und Ebbe ist, sie in diesem Falle bey dem Aufgange und Untergange des Mondes sich ereignen werden.

172. Ein merkwürdiges Beyspiel hiervon wird von dem D. Halley bey dem Hafen Batscha des Königreichs Tonquin, welcher unter 20° 50′ nördlicher Breite liegt, angeführt. An dem Tage, in welchem der Mond durch den Aequator gehet, stehet daselbst das Wasser ohne ab- und zuzufließen; nachhero, wenn der Mond nördlich ab-

weicht, fängt sich Ebbe und Fluth an, jedoch nicht zweymal in einem Tage, wie bey andern Häfen, sondern nur einmal; und das hohe Wasser erfolgt bey dem Untergange, das seichte Wasser aber bey dem Aufgange des Mondes. Die Fluthen nehmen mit der Abweichung des Mondes sieben oder acht Tage lang zu; hierauf nehmen sie in den nächstfolgenden sieben Tagen eben so stufenweise, wie sie zugenommen hatten, wieder ab, bis der Mond wieder in den Aequator kömmt, wo sie aufhören und bey veränderter Abweichung in umgewendeter Ordnung geschehen. Denn wenn seine Abweichung südlich wird, so ist seichtes Wasser bey dem Untergange, und hohes Wasser bey dem Aufgange des Mondes; welches so lange fortgesezt wird, bis seine Abweichung wieder nördlich wird. Nun erhellet, daß die Fluth bey diesem Hafen durch zween Busen oder Ströme ankommen müsse, wovon einer zwischen dem festen Lande von China und der Insel Manilla sich mit dem Chinesischen Meere vereiniget und der andere zwischen der Insel Borneo und dem festen Lande liegt. Ob aber die Fluth aus dem Indianischen Meere nach einer Verweilung von zwölf Stunden und aus dem Chinesischen Meere nach sechs Stunden ankomme; auch dahero in der dritten und neunten Mondstunde einfalle und die Ursache dieser Erscheinungen sey; oder ob einige andere Umstände bey Entstehung dieses Erfolges noch nicht in Betrachtung gezogen worden sind, muß durch zukünftige Beobachtungen an den angrenzenden Küsten bestimmt werden.

Zweeter Theil.

Erster Abschnitt.

Von dem Lichte und den Farben.

Erstes Kapitel.

Von dem eingeschränkten Zustande des menschlichen Erkenntnißvermögens.

173. In dem ersten Theile dieser Abhandlung haben wir uns blos mit den Erscheinungen beschäfftiget, welche aus solchen Bewegungen und wechselseitigen Würkungen der Körper auf einander entstunden, deren Größen beträchtlich genug waren, um in unsere Sinne zu fallen. Allein diejenigen Bewegungen, wodurch die natürlichen Körper hervorgebracht werden, sind wir größtentheils zu erkennen nicht vermögend; weil entweder das System der sich bewegenden und gegenseitig würkenden Körper zu klein, oder weil die Geschwindigkeit ihrer Bewegung zu groß ist. Unsere Sinne werden allenthalben von einer Unermeßlichkeit eingeschränkt, von welcher sie nur einen äußerst kleinen Theil fassen können. Wir urtheilen über Bewegung und Anziehungskraft, können uns aber von beyden keine Vorstellung machen; unser Urtheil betrift blos die Erfolge, aber ihre Ursachen sind uns ein Geheimniß und werden es wahrscheinlich beständig bleiben. Die Bewegungsgeseze, zum Beyspiele, gründen sich auf keinen Vernunftschluß; der Metaphysiker bemühet sich vergeblich zu beweisen, daß ein Körper in seinem Zustande der gleichförmigen Bewegung oder der Ruhe zu verharren sich bestrebe; die Erfahrung allein ist es, welche den Beweis davon giebt. Vernunftschlüsse gründen sich auf Vergleichungen der Begriffe; wenn wir dahero bis zur Hauptquelle unserer Erkenntniß gekommen seyn und unsere Grundsäze in dem höchsten möglichen Grade einfach gemacht ha-

ben werden, wird die Untersuchung aufhören; aber Mangel an Thatsachen hemmt allen weitern Fortgang.

Es ist also bey unserm Erkenntnißvermögen, welches uns diese Thatsachen verschaffen soll, der eingeschränkte Zustand, ein unübersteigliches Hinderniß in Vervollkommung unserer Kenntnisse. Bey Gegenständen oder Handlungen von einerley Art ist die Vernunft vermögend uns durch Analogie weit außer den Würkungskreis unserer Sinne zu versezen; wenn aber der Gegenstand vermöge einer vorhergegangenen Erkenntniß von einer andern Art ist; so kann es häufig geschehen, daß er uns gänzlich entgehe, und daß sich dahero unser Verstand niemals mit ihm beschäfftige. Ein blinder Mensch ist unvermögend sich einen Begriff von der Art, nach welcher wir die Farben sehen, zu machen; denn ob wir gleich ein noch neues Beyspiel an einem gelehrten Optiker *) haben, der niemals hat sehen können, so bestand doch seine Wissenschaft blos in dem mathematischen Theile, welcher aus abgesonderten Begriffen von Linien und Winkeln erlangt werden kann. Es ist dahero nicht nur möglich, sondern auch sehr wahrscheinlich, daß es viele Naturkräfte geben könne, welche blos wegen des Mangels an schärfern Sinnen unserer Bemerkung entgehen. Wenn die Empfindlichkeit der Geruchsnerven eben so stumpf, als bey denjenigen Nerven wäre, welche über den ganzen Körper ausgebreitet sind und für Werkzeuge des Gefühls angesehen werden; würden wir zuverlässig nicht einmal vermuthen, daß es so starke und häufige Ausflüsse gäbe, welche beständig von den wohlriechenden Körpern aufsteigen; denn sie wären zu fein, das Gefühl zu reizen und zu durchsichtig, um von dem Gesichte bemerkt zu werden. Von den Schlangen sagt man, daß sie von dem Geruche des Moschus betäubt werden. Man seze, dieses sey wahr; wie viele scharfsinnige Hypothesen von Sympathie und Antipathie würden nicht zu Auflösung dieser Er-

*) Dem gelehrten Sanderson. A. d. V.

scheinung von den Philosophen aus Des Cartes Schule erfunden worden seyn, wenn sie den Sinn des Geruchs nicht gehabt hätten. So ist auch der Luftstrom, den wir Wind nennen, unserm Gefühle hinlänglich empfindlich, aber die sehr schwachen Zitterungen, welche bey uns die Empfindung des Schalles hervorbringen, würden auf immer unentdeckt geblieben seyn, wenn uns der Schöpfer nicht mit den wunderbaren Werkzeugen versehen hätte, welche sich zu dieser Absicht in den Ohren befinden. Ohne dem höchst vollkommnen optischen Werkzeuge, dem Auge, würden uns die vorzüglichsten Würkungen des Lichtes, ausgenommen diejenigen, vermöge welcher es Wärme hervorbringt, unbekannt geblieben seyn, und wir würden es eben so schwer haben begreifen können, ob man von dem Daseyn entfernter Körper ohne sie zu berühren eine Kenntniß erlangen könne, wie es uns izt schwer zu begreifen ist, daß entfernte Körper mittelst der Anziehung oder auf andere Art in einander gegenseitig würken können. Ein anderer Sinn würde uns wahrscheinlich viele von unsern Schwierigkeiten auflösen, indem er uns die Würkungsmittel entdeckte; aber bey dermaliger Beschaffenheit kömmt es uns zu, behutsam zu seyn und unsere Untersuchung auf solche Gegenstände zu richten, bey deren Betrachtung wir einige Hoffnung zu einem glücklichen Erfolge haben. Es ist eine Folge einer kurzsichtigen und eingeschränkten Denkungsart, daß wir so leicht die Kräfte des Menschen zu jeder Unternehmung fähig halten; und wir würden viel Zeit und Arbeit erspart haben, wenn wir allezeit darauf, was in und was ausser unsern Kräften ist, hinlänglich aufmerksam gewesen wären. So sehr wir jedoch von der Schwäche unserer Kräfte überzeugt seyn können, und so wahrscheinlich es auch seyn mag, daß der größte Theil der Natur hinter einen undurchsichtigen Vorhang verborgen sey; so ist es doch höchst nothwendig, so weit einzudringen, als es die uns mitgetheilten Erkenntnißkräfte verstatten. Dieses Bestreben nach mehrerer Einsicht ist ausser den unzähligen Vortheilen, welche

dem gemeinen Leben aus den Wissenschaften zufließen, dem Zustande und dem Wesen der Seele so natürlich, daß man mit Recht zweifeln kann, ob wir es vermögend sind in Ansehung der Erweiterung der Erkenntniß stille zu stehen. Wenn unsere Aufmerksamkeit nicht auf wichtige Gegenstände gerichtet ist, wird sie sich mit Spielwerken beschäfftigen.

Unter den vielen Kenntnissen, die wir durch unsere Sinne erhalten, giebt es eine große Anzahl, welche noch nicht sorgfältig oder gehörig untersucht worden sind. Vor Newtons Zeiten hätte man es nicht einmal vermuthet, daß die Lichtstrahlen aus Theilchen zusammengesezt wären, welche die Eigenschaft haben, daß sie in uns die Vorstellung von einer fast unendlichen Menge Farben erregen, und bis auf dieses Jahrhundert hatte man von der electrischen Materie, welche vielleicht eine der vorzüglichsten Naturkräfte ist, gar keine Kenntniß; da die Hülfsmittel, wodurch sie der Beobachtung unserer Sinne unterworfen wird, bis dahin unbekannt waren. Die ursprünglichen Entdeckungen sind gemeiniglich dem Zufalle zuzuschreiben; denn wo man keinen Grund hat, worauf die vorauszuschickenden Schlüsse gebauet werden können, da kann selten eine bestimmte Absicht erreicht werden. Nichts scheinet wunderbarer und ausserordentlicher zu seyn, als die electrische Erschütterung. Die Geseze, nach welchen diese Flüssigkeit, wenn man sie so nennen darf, würkt, sind noch sehr wenig bekannt und es ist nicht unmöglich, daß zukünftige Naturforscher Erscheinungen entdecken werden, welche eben so unerwartet und wunderbar sind, als es diese ungemeine Empfindung dem Naturforscher war, der sie zuerst bemerkte.

Wir haben bereits die Geseze der Bewegung in Betrachtung gezogen und sie auf die mechanische Einrichtung des Sonnensystems angewendet. Nunmehro kehren wir zur Erde zurück und wollen, wie es der Natur der Sache gemäß zu seyn scheinet, unsere Aufmerksamkeit auf die

Gegenstände derjenigen beyden Sinne, welche am meisten die Würkungen entfernter Gegenstände empfinden und sich mit ihnen beschäfftigen, nämlich des Gesichtes und Gehöres richten. Wir wollen dahero zuvörderst von dem Lichte handeln.

Zweytes Kapitel.

Von den Eigenschaften des Lichtes überhaupt.

174. Man ist darinn größtentheils einig *), daß das Licht aus Theilchen von der höchsten Feinheit bestehe, welche nach allen Richtungen von dem leuchtenden oder glänzenden Körper ausgeschickt werden. Diese Erklärung kömmt hiernächst mit allen den Erscheinungen überein, welche bishero beobachtet worden sind und deren Anzahl und Verschiedenheit so groß ist, daß an ihrer Wahrheit wenig gezweifelt werden kann.

Es würde unnöthig seyn, die verschiedenen Meynungen zu erzählen, welche man in Ansehung des Lichtes gehegt hat, als die Naturwissenschaft noch nicht so gut, wie gegenwärtig, bearbeitet war. Die einzige von einigen neuern Naturforschern beybehaltene Hypothese, welche von der obigen Erklärung abweicht, beruhet auf der Voraussezung, daß das Licht von gewissen Schwingungen einer ätherischen Flüßigkeit auf eben die Art entstehe, als der Schall in der gemeinen Luft hervorgebracht werde. Die große Leichtigkeit, mit welcher eine lebhafte Einbildungskraft zwischen Licht und Schall Parallelen ziehen kann, hat selbst verdienstvolle und große Naturforscher hintergangen. Um diese Voraussetzung zu widerlegen kann man bemerken, daß das Daseyn einer ätherischen Flüßigkeit, welche zu Auflösung der Erscheinungen bey dem Lichte angenommen wird, niemals bewiesen worden ist; und daß hiernächst aus der

*) Nämlich die Engelländer. Nach der Eulerischen Theorie ist das Licht eine Bewegung oder Erschütterung in den kleinsten Theilen des Aethers, welche von dem leuchtenden Körper verursacht wird. L.

Würkung einer schwingenden Flüßigkeit nothwendig solche Erscheinungen entstehen müssen, welche von den Erscheinungen bey dem Lichte äußerst verschieden sind.

175. Ob es gleich der Absicht einer Einleitung angemeßner ist, die Wahrheiten ohne Umschweife zu erklären, als die Irrthümer anderer zu erzählen und zu widerlegen; so wird doch die Achtung für den Namen des gelehrten Eulers, welcher unter den Vertheidigern dieser Lehre den ersten Plaz behauptet, uns zur Entschuldigung dienen, daß wir uns darauf einlassen, welches man ausserdem mit Recht als unnöthig ansehen könnte.

Die Schwingungen können nur an den innern Theilen bey elastischen Flüßigkeiten oder auf den Oberflächen unelastischer Flüßigkeiten, welche ihre erste Lage wieder zu erlangen das Bestreben haben, erregt werden. Die erste Art der Schwingungen bestehet in abwechselnden Verdichtungen und Verdünnungen und die andern in abwechselnden Erhebungen und Senkungen. Diese Abwechselungen werden in beyden Fällen Wellen genennet; da aber die lezztere Art von einem jeden öfterer unmittelbar beobachtet werden kann, so wird es dienlich seyn, aus derselben unsere Erklärung so viel, als es unsere gegenwärtige Absicht erfodert, zu entlehnen, ohne uns auf die Elemente dieser Bewegungen selbst einzulassen.

Es stelle A (fig. 52.) einen Punct auf der Oberfläche eines stillstehenden Wassers vor, wo ein fester Körper plözlich eingetaucht wird, so muß das Wasser aus der Stelle weichen; und da es leichter ist die Schwere einer geringen Menge Wassers zu überwinden, als dem ganzen Wasser eine Bewegung mitzutheilen, so wird sich auf jeder Seite eine kleine Menge Wassers erheben und eine kreisförmige Welle bilden, von welcher bb einen Theil vorstellen soll. Indem diese Welle fällt, wird eine andere cc erzeugt, welche eine andere dd hervorbringen wird, und so fort. Es sey DE ein Hinderniß, das bey F eine Oeffnung hat; so werden die Wellen hindurchgehen und nach I, K, L, M, u. s. w. fortrücken. Es läßt sich aber so wohl aus Gründen

als aus Versuchen leicht erweisen, daß sie, anstatt von den Linien BA und CA begrenzt zu werden, sich aller Orten über die Grenzen nach N und O, wie die Figur zeigt, ausbreiten werden. Wenn nun bb, cc, dd u. s. w. die Schläge oder Wellen eines elastischen Mittels vorstellen; so erhellet ebenfalls, daß sie, nachdem sie durch die Oeffnung F gegangen sind, nach allen Richtungen abweichen werden. Man siehet also hieraus, daß der Schall, da er von den Schlägen der Luft fortgeführet wird, nicht in geraden Linien fortgehen dürfe, sondern, daß er durch jede Oeffnung, sie mag gebogen oder gewunden seyn, gehöret werde; und daß das Licht auf eben die Art empfunden werden müßte, wenn es von den Schlägen eines Mittels fortgeführet würde. Da aber die Erfahrung diesem offenbar entgegen ist, so muß die Voraussezung falsch seyn.

Man darf nicht einwenden, daß die angenommene ätherische Flüßigkeit so beschaffen seyn könne, daß ihre Schläge nicht seitwärts abweichen; denn nicht zu gedenken, daß eine solche Abweichung eine natürliche Folge der Elasticität ist, so wird es begreiflich, daß die vernunftmäsigen Untersuchungen in der Naturwissenschaft aufhören werden, wenn wir es uns bey einer jeden Gelegenheit erlauben, seine Flüßigkeiten zu erdenken, welche mit Eigenschaften begabt sind, die nirgends in der Natur angetroffen werden. Erlaubt man sich diese Freyheit; so wird die Hypothese, wenn man sie ihrer Ausbildung mit Aehnlichkeiten und Anspielungen beraubt, nichts mehr sagen, als daß das Licht mittelst einer Flüßigkeit hervorgebracht werde, welche dasselbe hervorzubringen geschickt sey, oder in wenigen Worten, daß das Licht Licht sey.

176. Wir haben schon Gelegenheit gehabt, die erstaunliche Feinheit der Lichttheilchen zu bemerken; und als wir von dem Trabanten des Jupiter handelten, haben wir von ihrer Geschwindigkeit geredet. Aus diesem Grade ihrer Geschwindigkeit kann noch ein anderer Grund hergeleitet werden, um zu beweisen, wie fein diese Theilchen seyn müssen. Denn man hat gefunden, daß eine Kanonenkugel

gleich nach dem Schuße eine Meile*) in acht Secunden**) zurücklege und daß sie dahero in 32 Jahren bey der Sonne ankommen werde, wenn man annimmt, daß sie sich mit unveränderter Geschwindigkeit bewegt; und das Licht bewegt sich, wie wir oben bemerkt haben, durch diesen Raum in 8 Minuten, welche Geschwindigkeit zwo Millionen mal grösser ist. Es verhält sich aber die Kraft, mit welcher sich die Körper bewegen, wie ihre Massen durch ihre Geschwindigkeiten multiplicirt; wenn dahero die Lichttheilchen der Masse nach dem zwomillionsten Theile eines Sandkornes gleich wären, würden wir ihren Stoß nicht mehr empfinden, als den eines Sandschusses auf das Ziel aus der Mündung einer Kanone.

177. Die Dünnheit des Lichtes verdienet nicht weniger bewundert zu werden, als die Geschwindigkeit und Feinheit der Theile. Denn die Lichtstrahlen durchkreuzen einander nach allen Richtungen, ohne der geringsten anscheinenden Stöhrung. Durch eine kleine Oeffnung, deren Durchmesser den hundertsten Theil eines Zolles nicht übersteigt, können wir leicht die Gegenstände, als den Himmel, Bäume, Häuser u. s. w. und fast die halbe Himmelskugel übersehen. Das Licht, welches von allen diesen Gegenständen ausgeschickt wird, muß dahero in demselben Augenblicke mit einer sehr grossen Verschiedenheit in den Richtungen, durch die Oeffnung gehen, ehe es zum Auge kömmt; und dennoch bemerkt man nicht, daß dadurch das Ansehen nur im geringsten verändert worden wäre.

178. Der Raum, durch welchen das Licht gehet, heißt das **Mittel** (Medium); vermöge dieses Ausdruckes hat es eine Beziehung auf die Menge oder Dichtigkeit der in diesem Raume enthaltenen Materie; so ist das Glas und die Luft ein Mittel, jedoch ist ein Vacuum oder ein absolut leerer Raum auch ein Mittel ***).

*) Nämlich eine englische gemeine Meile. L.

**) Dieses ist wegen der Stärke des Pulvers und anderer Umstände wegen veränderlich. A. d. B.

***) Newton nahm über unsern Dunstkreis hinaus einen

Wenn das Licht durch solche Mittel gehet, die entweder absolut leer sind oder welche eine Materie von gleichförmiger Dichtigkeit und von einerley Art enthalten, so findet man, daß es allezeit nach geraden Linien fortgehe. Hieraus folgt, daß die Dünnheit des Lichtes mit den Quadraten der Entfernungen von dem leuchtenden Körper zunehme. Denn das Licht, welches auf das Quadrat ABCD (fig. 53) aus dem Puncte R in der Entfernung RA fällt, wird sich auf einer Fläche abcd, welche bey der doppelten Entfernung Ra viermal so groß ist, ausbreiten.

179. Vermöge dieses Satzes können wir die Dichtigkeiten des Lichtes in verschiedenen Entfernungen von der Sonne oder von jedem leuchtenden Körper mit einander vergleichen; es dürfte dahero an diesem Orte nicht unschicklich seyn, den Unterschied in der Dichtigkeit des Lichtes eines Fixsternes und des Sonnenlichtes auf dem Planeten Merkur wie auch auf dem Kometen von 1680 zu berechnen, damit wir hieraus die Größe der Lichttheilchen einigermaaßen schätzen können.

Aus den genauesten Beobachtungen erhellet, daß die jährliche Parallaxe des nähesten Fixsternes noch nicht eine Secunde betrage. Es kann dahero die Entfernung eines solchen Sternes nicht kleiner als 34,000,000,000,000

leeren Raum an; dieser war dahero bey ihm ein Mittel, durch welches die Lichtstrahlen fortfliessen konnten. Damit nämlich die Himmelskörper keinen Widerstand leiden möchten; so nahm er an, daß die Strahlen Theile des leuchtenden Körpers wären, welche mit einer erstaunenden Geschwindigkeit durch den leeren Himmelsraum fortgestossen würden. Er hatte aber nicht bedacht, daß eben diese von einer so unermeßlichen Anzahl leuchtender Himmelskörper ausfließenden Lichtstrahlen sich einander begegnen und durchkreuzen müßten, und daß von der erstaunenden Geschwindigkeit dieser Strahlen die Himmelskörper noch mehr aufgehalten werden müßten, als von einer ruhenden und höchst elastischen Materie. Ein sehr trauriges Beyspiel von der menschlichen Weisheit, sagt Euler in seinem 18 Briefe an eine deutsche Prinzessinn, die, indem sie einer gewissen Schwürigkeit ausweichen will, in weit größere Ungereimtheiten verfällt. L.

Meilen *) seyn, und nach eben den Gründen zu Ende der 152 Numer zu schlüßen, da der Stern eine Sonne ist, welche der Sonne unsers Systems gleich kömmt, folgt daß das Licht unserer Sonne in einer gleichen Entfernung beynahe dasselbe, wie das Licht des Sternes seyn werde. Die Entfernung des Merkur von der Sonne ist in runder Zahl 31670000 Meilen, deren Quadrat $\frac{1}{1000,000,000,000}$ des Quadrates der Entfernung des Sternes ist; es wird also das Sonnenlicht auf dem Merkur um so viel mal dichter seyn als das Licht des Sternes. Aber der Komet von 1680 kam der Sonne so nahe, daß das Licht auf demselben 4000 mal dichter als auf dem Merkur war, weil seine Entfernung von ihrer Oberfläche nur $\frac{1}{6}$ des Durchmessers der Sonne betrug; folglich war das Licht des Kometen in seiner Sonnennähe 4,000,000,000,000,000 mal dichter, als das Licht ist, welches wir von einem Fixsterne erhalten. Man setze, das Licht auf dem Kometen sey so dicht gewesen, daß sich die Lichttheilchen beynahe berühret haben, und das Licht eines Fixsternes sey so dünne, daß wenn man durch eine Oeffnung von $\frac{1}{100}$ Zoll im Durchmesser siehet, nicht mehr als 10 Theilchen zugleich durch dieselbe in das Auge fallen; so wird 4,000,000,000,000,000 mit 10 multiplicirt die Anzahl Theilchen ausdrücken, welche durch dieselbe Oeffnung zu gleicher Zeit durchgehen werden, wenn sie sich beynahe berühren. Das heißt, 40000 Billionen Lichttheilchen werden von einem Kreise eingeschlossen oder umschrieben, dessen Durchmesser $\frac{1}{100}$ eines Zolles und dessen Fläche $\frac{1}{10000}$ eines Quadratzolles hält. Ein solcher Kreis aber wird nicht über ein Sandkorn fassen können; es würde dahero folgen, daß ein Lichttheilchen eine viel kleinere Fläche bedeckte, als $\frac{1}{40,000,000,000,000,000}$ der Fläche, welche ein Sandkorn bedeckt. Wenn sich nun bey zwo Kugeln die größten Kreisflächen wie 40000 Billionen zu 1 verhalten, so wird sich ihr körperlicher Inhalt wie 8 (nebst 24 Stel-

*) Englische geographische Meilen oder $8\frac{1}{2}$ Billion deutsche geographische Meilen. L.

len) *) zu 1 verhalten. Woraus folgt, daß ein Lichttheilchen noch nicht $\frac{1}{8 \text{ (nebst 24 Stellen)}}$ Theilchen eines Sandkornes sey. Allein diese Berechnung giebt die Lichttheilchen sehr viel zu groß an; denn die Voraussetzung, daß sich diese Theilchen beynahe berühren, kann nur auf der Oberfläche der Sonne statt finden.

180. Ein anderer Beweis der äußersten Feinheit der Lichttheilchen ist dieser, daß man einen sehr wenig sichtbaren Lichtstrahl durch einen Raum, in welchen ein anderes Licht sehr verdichtet ist, fallen lassen kann, ohne daß er von einem solchen verdichteten Lichte eine Abweichung leide oder geschwächt werde.

Die Geschwindigkeit des Lichtes wurde zuerst vom Herrn Römer aus Beobachtungen an den Jupiters-Monden bestimmt, welche seitdem bestätigt und allgemein angenommen worden ist. Der scharfsinnige Herr Bradley bestimmte ebenfalls aus Beobachtungen an dem Stern γ des Drachen mit Instrumenten von außerordentlicher Schärfe, da er zur Absicht hatte, dessen Parallaxe zu bestimmen, die Fortpflanzung und Geschwindigkeit des Lichtes, welche man eben so groß fand, wie man sie von den Trabanten des Jupiter hergeleitet hatte. Solchemnach ist die Bewegung der Erde eben so wohl aus Beobachtungen erwiesen, wie wir sie vorhero aus Gründen und der natürlichen Einrichtung der Dinge gezeigt hatten. Die Gründe, worauf diese Entdeckung beruhet, wollen wir hier kürzlich auseinandersetzen; die Originalabhandlung davon findet man in den philosophischen Transactionen vom Jahre 1728. No. 406.

181. Man seze, es sey eine Röhre senkrecht auf dem Horizonte errichtet indem es regnet, so werden die Tropfen senkrecht herunter fallen. Man nehme ferner an, die Röhre sey so eingerichtet, daß nur ein Tropfen auf einmal hineinfalle; so erhellet, daß, wenn ein Tropfen Wasser durch die Mündung der Röhre fällt, derselbe auf dem Boden an-

*) An deren Stelle hatte der Verfasser 134 (nebst 64 Stellen) so wie auch in dem Nenner des folgenden Bruchs. L.

ankommen werde, ohne die Wände zu berühren. Allein wenn die Röhre ohne ihre Richtung zu ändern auf dem Horizonte fort bewegt wird; so wird der Tropfen an eine der Wände anschlagen und so lange die Bewegung dauert nicht hindurch fallen, ausgenommen wenn die Röhre gegen die Seite, nach welcher die Bewegung geschiehet, geneigt wird.

Wenn also AB (fig. 54) den Horizont, CD die senkrechte Röhre und GD die Bahn des Regentropfens vorstellt; so erhellet, daß wenn CD während der Zeit, als der Tropfen in der Röhre herunter fällt gegen A bewegt wird, diejenige innere Wand der Röhre, welche gegen B gerichtet ist, an den Tropfen stoßen und ihn den Boden nicht erreichen lassen werde. Wenn aber die geneigte Röhre EC mit einer der Bewegung des Tropfens angemessenen Bewegung von E nach D in eben der Zeit beweget wird, in welcher sich der Tropfen von C nach D bewegt, so wird sich die untere Oeffnung der Röhre mit dem Tropfen in demselben Augenblicke in D befinden; da die Geschwindigkeit des Tropfens durch CD und die Geschwindigkeit der Röhre durch ED ausgedrückt werden wird.

Eben diese Schlüsse gelten noch, wenn man an der Stelle der Regentropfen Lichttheilchen, und ein Fernrohr anstatt der Röhre annimmt. Es wird zwar keine endliche Bewegung des Rohres CD bey unveränderter Lage einem Beobachter, der durch das Fernrohr CD den sehr weit entfernten Gegenstand G siehet, seine Sichtbarkeit verhindern, wenn die Bewegung des Lichtes augenblicklich geschiehet oder unendlich geschwind ist; weil das Licht, welches bey C einfällt, vermöge der Voraussetzung in D angekommen seyn würde, ehe sich CD nur etwas bewegt haben könnte. Allein wenn das Licht in einer Zeit fortgepflanzet und der Beobachter mit einer der Geschwindigkeit des Lichtes angemessenen Bewegung fortgeführet wird; so muß das Fernrohr gegen den Lichtstrahl unter einen Winkel geneigt seyn, dessen Sinus sich zu dem Sinus des Winkels CED, welchen das Fernrohr mit der Bahn des Beobachters einschließt, wie die Geschwindigkeit des Beobachters

zu der Geschwindigkeit des Lichtes verhält. Denn es verhalten sich in dem Triangel DCE die Seiten DE und DC, welche diese Geschwindigkeiten ausdrücken, wie die Sinus ihrer gegenüberstehenden Winkel. Wenn dahero der Neigungswinkel des Fernrohres und die Geschwindigkeit der Bewegung des Beobachters bekannt ist, so kann die Geschwindigkeit des Lichtes bestimmt werden.

182. Aus dieser Theorie, welche sich auf einer grossen Anzahl Beobachtungen an Sternen von verschiedenen Grössen und Ständen gründet, erhellet, daß die kleine scheinbare Bewegung der Fixsterne, welche sie um ihre wahren Oerter haben und welche ihre Aberration (Abirrung) genennet wird, aus dem Verhältnisse herzuleiten sey, in welchem die Geschwindigkeit der Bewegung der Erde in ihrer Bahn mit der Geschwindigkeit des Lichtes stehet. Dieses Verhältniß hat man 10210 zu 1 gefunden; woraus folgt, daß das Licht von der Sonne bis zur Erde in 8′ 12″ fortgepflanzet werde. Hieraus erhellet auch, daß die Bewegung des Lichtes gleichförmig sey, es mag nun ein ursprüngliches, wie von einem Fixsterne, oder ein reflectirtes, wie von den Trabanten des Jupiter seyn.

Aus verschiedenen sorgfältigen Versuchen, wo man die Sonnenstrahlen sehr verdichtet auf einen Drath fallen ließ, der so aufgehangen war, daß er sich horizontal bewegen konnte, hat man gefunden, daß die Kraft des Lichtes hinlänglich groß sey, um den Körpern eine merkliche Geschwindigkeit mitzutheilen.

183. (Da der Verfasser in diesem Kapitel die Eulerische Theorie des Lichtes zu widerlegen sich bemühet; so halte ich es für nöthig, dessen Einwürfe vorzüglich zu berühren und einige Zweifel wider die Newtonische Theorie kürzlich anzuführen. Von dem Daseyn der feinen Flüßigkeit, welche bey dem Magnet als magnetische Materie, bey den elektrischen Körpern als elektrische Materie und bey dem Lichte als Lichtmaterie würket, können wir uns blos aus ihren Würkungen überzeugen; da unsere Sinne nicht hinreichen, sie selbst zu erkennen. Es ist aber vorzüglich

nöthig, daß diese angenommene Materie keine Ausnahme in der Natur mache und daß alle Erscheinungen sehr leicht und natürlich daraus erkläret werden können. Wäre dahero der Einwurf, daß mittelst der angenommenen elastischen Flüssigkeit das Licht nicht in geraden Linien fortgepflanzet werden könne, gegründet; so würde diese Hypothese nicht die wahre seyn. Es ist aber dieser Einwurf von dem berühmten Herrn Euler selbst in seinen 1746 herausgekommenen opusculis varii argumenti widerlegt worden, und dürfte schon dieserwegen kein günstiges Vorurtheil für sich erwecken, weil man von den Bewegungen oder Wellen an der Oberfläche einer unelastischen Flüssigkeit auf die innern Bewegungen einer elastischen Flüssigkeit schlüßt. Die Erfahrung beweiset es auch, daß zu Fortpflanzung des Schalles eine solche Oeffnung nicht so unentbehrlich nöthig sey, als sie es zum Fortrücken der Wasserwellen ist. Denn wenn die Holz- oder Steinwand ganz ohne Oeffnung und der Beobachter von allen Seiten mit solchen Wänden umgeben wäre; so würde er dennoch den Schall, ob wohl schwächer, hören, so wie man ausserhalb der Glocke einer Luftpumpe den in derselben erregten Schall höret, wenn die Luft unter der Glocke noch nicht genugsam verdünnet ist. Aus ähnlichen und mehrern Gründen schlüßt dahero der berühmte Herr Euler, daß der Schall durch Wände und Mauern dringe, die sich eben so zu dem Schalle, wie die Gläser und andere durchsichtige Körper zu den Lichtstrahlen verhalten, und daß wenn dieser Einwurf etwas beweisen sollte, man solche Wände zu veranstalten suchen müsse, welche für den Schall eben so undurchdringlich wären, wie die Mauern für das Licht undurchsichtig sind, und wo also der Schall nur durch die Oeffnung hineinkommen könne.

Daß der Schall in geraden Linien fortgepflanzt und von den festen Körpern eben so zurück geworfen werde, als das Licht von den Spiegeln, beweisen die Erfahrungen und Versuche mit den Sprachgewölben, den paraboliſchen Spiegeln, und den blasenden Instrumenten. Fände die geradlinigte Fortpflanzung des Schalles nicht statt, so

würde derselbe nicht so vorzüglich in dem andern Brennpuncte des Sprachgewölbes oder in dem Brennpuncte des andern Brennspiegels gehöret werden, wenn er in dem einen Brennpuncte erregt wird. Aus der Fortpflanzung des Schalles durch krummgebogene Röhren läßt sich nicht schlüssen, daß der Schall nicht in geraden Linien fortgehe; sondern daß er vielmehr sehr oft zurückgeworfen werde, welches auch der eigene Ton, den das Holz oder Metall der Röhre dem Schalle mittheilet, beweiset. Es erhellet dahero hieraus, daß die Fortpflanzung des Lichtes mit der Fortpflanzung des Schalles sehr viele Aehnlichkeit habe, und daß die Theorie, nach welcher Herr Euler annimmt, daß die um der Sonne befindliche Materie in einer sehr heftigen schwingenden Bewegung sey, welche den nächst gelegenen Aethertheilchen mitgetheilet und so von einem Aethertheilchen auf das andere bis zu der Erde und andern Planeten fortgepflanzet werde, wenigstens nicht unwahrscheinlich sey; da sich hingegen der Newtonischen Hypothese sehr wichtige Zweifel entgegensezen lassen.

Wenn nämlich das Licht aus der Sonne, wie die öhlichten Theile aus den riechenden Körpern ausflüssen sollte, so müßte die Sonne alle Augenblicke einen sehr grossen Theil ihrer Materie verlieren, welcher durch so viele Jahrhunderte fortgesezte Verlust die Grösse der Sonne bereits sehr merklich vermindert haben müßte; wovon man jedoch noch nicht die geringste Spur entdeckt hat. Um jedoch diesen Mangel zu ersezen, haben die Newtonianer und mit ihnen unser Verfasser in der 126. N. zu den Kometen ihre Zuflucht genommen, welche der Sonne die verlorne Materie wieder zuführen sollen. So vielen Zweifeln aber diese Ausflüsse in Ansehung der Sonne ausgesezt sind; eben so schwer würde es zu erklären seyn, wo alle die Lichtstrahlen, welche von allen leuchtenden Körpern alle Augenblicke ausflüssen, bleiben würden. Es würde ferner folgen, daß diese ungeheure Menge von Lichtstrahlen einander durchkreuzen müßten, ohne sich dabey in ihren Bewegungen zu stören, oder ihre Richtungen zu verändern; daß die durch-

sichtigen Körper nach allen Richtungen in geraden Linien durchbohrt seyn müßten, und ihre Theile dahero nirgends aneinander hängen könnten. Mehreres über diesen Gegenstand wird man in dem 6. Bande des alten Hamb. Magazins antreffen. L.)

Drittes Kapitel.

Erklärungen und Grundsäze der Optik.

184. Wenn ein Lichtstrahl aus einem Mittel in ein anderes gehet und derselbe bey ihrer gemeinschaftlichen Fläche von seiner Richtung abgelenkt wird, so heißt diese Ablenkung die **Brechung, Refraction.**

Wenn ein Lichtstrahl auf die gemeinschaftliche Fläche zweyer Mittel fällt und anstatt aus einem Mittel in das andere zu gehen in das erste zurück geworfen wird, so nennet man diese **Zurückwerfung, Reflexion.**

Der **Einfallswinkel** ist derjenige spize Winkel, welchen die Richtung des Lichtstrahles mit der in dem Einfallspuncte auf die Fläche senkrecht errichteten Linie (dem **Einfallslothe** L.) einschließt.

Der **Reflexions-** oder **Refractionswinkel** ist derjenige spize Winkel, welchen die Richtung des Lichtstrahles nach der Reflexion oder Refraction mit dem Einfallslothe abschneidet.

Wenn also RS die gemeinschaftliche Fläche zweyer Mittel; AC (fig. 55) ein bey C einfallender Lichtstrahl und PQ eine Linie ist, welche die Fläche bey C unter rechten Winkeln durchschneidet; so ist der Winkel ACP der Einfallswinkel. Wenn derselbe in C reflectirt und nach der Linie CB zurück geworfen wird, so ist der Winkel PCP der Reflexionswinkel; und wenn er in C gebrochen wird, daß er nach der Linie CF fortgehet, so ist der Winkel QCF der Refractionswinkel.

185. Die Einfalls- Reflexions- und Refractionswinkel befinden sich an einer und derselben Fläche.

Der Reflexionswinkel ist dem Einfallswinkel gleich.

Wenn der gebrochene Strahl nach derselben Linie in den Einfallspunct zurückfällt; so muß er nach eben der Linie gebrochen werden, welche vorhero der einfallende Strahl beschrieben hatte.

Das Brechungsvermögen verschiedener Mittel verhält sich beynahe wie ihre Dichtigkeiten; es wird nämlich der Lichtstrahl, welcher aus einem dünneren Mittel in ein dichteres gehet allezeit gegen das Einfallsloth gebrochen, daß also der Brechungswinkel kleiner als der Einfallswinkel ist.

Der Sinus des Einfallswinkels stehet entweder vollkommen oder beynahe in einem gegebenen Verhältnisse mit dem Sinus des Brechungswinkels bey allen schief einfallenden Strahlen.

Alle Gegenstände, welche mittelst der Reflexion oder Refraction gesehen werden, erscheinen an dem Orte oder in der Richtung, aus welchem oder nach welcher die Strahlen zulezt reflectirt oder gebrochen in das Auge fallen.

Wenn dahero der Strahl AC (fig. 55) von einem Gegenstande aus A nach C fortgehet und von da an in das Auge eines Beobachters bey B zurückgeworfen wird, so wird der Gegenstand nicht bey A sondern bey T nach der Richtung des zurückgeworfenen Strahles BC erscheinen. Und wenn der Lichtstrahl FC eines Gegenstandes in F nach der Richtung CA gegen das Auge des Beobachters in A gebrochen wird, so wird der Gegenstand nicht in F, sondern in N nach der Richtung des gebrochenen Strahles AC gesehen werden.

Auf diese Art werden die Gegenstände in den Spiegeln und durch Augengläser gesehen, und die Gegenstände unter dem Wasser erscheinen nicht in ihren wahren Oertern. Es sey ABCD (fig. 56) ein Gefäß voll Wasser, dessen Oberfläche FG ist und O stelle einen Gegenstand auf dem Boden vor; so wird von einem Auge in E der Gegenstand O in K vermöge des Strahles OL, welcher aus einem dichtern in ein dünneres Mittel gehet und von dem Einfallslothe PQ nach der Richtung LE abgebrochen wird, gesehen. Oder es stelle ABCD (fig. 57) ein Gefäß vor, wel-

ches gegen das Licht E so gestellt ist, daß der Schatten der Seitenwand AC in D fällt. Man lasse es hierauf mit Wasser anfüllen, so wird der Schatten nach d abgelenkt und der Lichtstrahl EA an statt nach D fortzugehen nach d gebrochen werden. Es ist dahero nicht zu zweifeln, daß ein in d befindliches Auge das Licht in e nach der Richtung des gebrochenen Strahles dA sehen werde.

Die mathematische Anwendung der vorhergehenden Grundsäze von den Lichtstrahlen, wie sie durch Gläser gehen oder von Spiegeln von verschiedener Gestalt zurückgeworfen werden, macht denjenigen Theil der Optik aus, welcher sich mit der Einrichtung der optischen Werkzeuge beschäfftiget. Die Erklärung derselben wollen wir vor izt bey Seite sezen, bis wir von der verschiedenen Brechbarkeit, Zurückwerfung und den Farben der Lichtstrahlen gehandelt haben.

Viertes Kapitel.

Von der verschiedenen Brechbarkeit der Lichtstrahlen.

186. Das Licht, welches in der Farbe verschieden ist, ist auch in der Brechbarkeit verschieden und so umgewendet.

Es sey AB (fig. 58) ein Keil oder ein dreyeckigtes Prisma von Glas, so kann man das Dreyeck ABC als einen Querschnitt betrachten der seine Axe unter rechten Winkeln durchschneidet. Ein Lichtstrahl IN, der bey N einfällt, werde daselbst nach E auf der Fläche CB gebrochen, wo er wiederum nach der Richtung EM gebrochen wird. Es sey in ein anderer Lichtstrahl, welcher dem vorigen parallel ist und dahero bey n unter denselben Winkel einfällt. Wenn nun der Lichtstrahl in von dem Prisma eben so stark gebrochen würde, wie der Strahl IN; so würden die Brechungswinkel ebenfalls gleich seyn, und in würde bey der Brechung nach den Richtungen ne und em durchgängig dem Strahle IN, der nach NE und EM gebrochen wird, parallel bleiben. Wenn er aber brechbarer ist, so wird er nach Richtungen gebrochen, welche wie

nf und fg sich mehr gegen die Grundlinie AC neigen; oder wenn er weniger brechbar ist, so wird er nach Richtungen, welche wie nh und hk weniger gegen die Grundlinie AC geneigt sind, gebrochen werden. Hieraus erhellet, daß wenn ein Strahlenpinsel oder eine Menge Strahlen untereinander parallel auf eine Seite eines Prisma fallen und bey dem Ausfahren einander nicht parallel bleiben, einige Lichtstrahlen brechbarer seyn müssen, als andere.

Es stelle der zwischen EG und MR (fig. 59) enthaltene Raum eine dunkle Kammer vor, von welcher diese Linien zwo Wände vorstellen. IN sey ein Strahlenpinsel des Sonnenlichtes, welcher durch die Oeffnung F gehet und auf die Seite BC des Prisma ABC fällt. Nun ist ausgemacht, daß der Strahlenpinsel IN bis nach S fortgehen und daselbst einen runden Fleck an der Wand erleuchten würde, wenn das Prisma ihn nicht unterbräche; und aus der vorhergehenden Erklärung erhellet, daß wenn alle Lichtstrahlen von dem Prisma gleich stark gebrochen würden, der ganze Strahlenpinsel wegen ihrer gleichmäßigen Ablenkung von ihrer Bahn keine Aenderung in Ansehung der parallelen Lage der Strahlen leiden, folglich nach der Brechung bis nach Q fortgehen und daselbst einen ähnlichen Fleck, wie in S erleuchten würde. Wenn aber der Strahlenpinsel aus Strahlen von ungleicher Brechbarkeit zusammengesezt ist, so werden die brechbarsten Strahlen weiter von S entfernet auffallen, und die am wenigsten brechbaren Strahlen müssen, weil sie weniger von ihrem Wege abgelenkt werden, auf einen Theil dieser Wand fallen, der näher gegen S liegt; da unterdessen die Strahlen von der mittleren Brechbarkeit in dem zwischen ihnen befindlichen Raume auffallen werden. Die Versuche beweisen es, daß das Sonnenlicht aus Strahlen zusammengesezt sey, deren Brechbarkeit nicht durchgängig gleich ist; denn wenn sie von dem Prisma ausfahren, werden sie an statt einen kreisförmigen Fleck zu erleuchten in ein länglichtes Bild verbreitet, dessen längere Seiten gerade Linien und die schmälern Bogen sind, und welches nach der Länge die

Richtung der Axe des Prisma unter rechten Winkeln durchschneidet.

187. Dieses länglichte Bild hat verschiedene Farben. Der untere Theil, welcher die am wenigsten brechbaren Strahlen enthält, ist dunkelroth, welches weiter hinauf durch unmerkliche Stufen in Orange fällt; eben so folgt auf orange gelb; auf gelb grün; auf grün blau; hierauf folgt ein dunkles Blau oder Indig und endlich violet. Mit einem Prisma, dessen brechender Winkel $63\frac{1}{2}$ Grade betrug und welches so gerichtet war, daß der Einfallswinkel auf der erstern Fläche dem Brechungswinkel bey dem Ausgange oder auf der andern Fläche gleich kam, war das Bild auf der Wand in der Entfernung von $18\frac{1}{2}$ Fuß 10 oder $10\frac{1}{8}$ Zoll lang. Die Breite desselben ist allezeit dem Durchmesser des Kreises gleich, welcher von einem einfallenden Lichtstrahl oder Strahlenpinsel gebildet werden würde, wenn man kein Prisma dazwischen gestellt hätte.

188. Die Räume, welche die verschiedenen Farben des Bildes einnehmen, entsprechen den Abtheilungen einer musikalischen Saite; wenn dahero AGMF (fig. 60) das Bild ist und die Linien FM, ba, dg, Zy u. s. w. die Grenzen der Farben bezeichnen, indem der Raum MabF von der rothen Farbe, agdb von der orange, gyzd von der gelben Farbe und so ferner, nach obiger Ordnung bedeckt und GM nach X so verlängert wird, daß MX gleich GM ist; so werden die Linien GX, lX, iX, eX, yX, gX, aX, MX sich gegeneinander wie 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{1}{2}$ verhalten, und dahero die Saiten des Grundtones, der großen Secunde, der kleinen Tertie, der Quarte, der Quinte, der großen Sexte, der großen Septime und der Octave bezeichnen. Oder um es denen verständlicher zu machen, welche von der Musik nur eine praktische Kenntniß haben, stelle AB eine Saite auf der Violine oder Zitter vor, und ein kleiner Steg werde auf dem Griffbrete in der Mitte der Länge zwischen A und B unter a geschoben, so wie auch unter g, f, e, d, c, b; daß also die Räume ag, gf, fe, ed, dc, cb und bA sich wie die zugehörigen Räume der rothen, orange, gelben, grünen,

blauen, Indigo- und der violeten Farbe des Bildes verhalten; so werden, wenn die Saite ohne Stege den Ton A angiebt, die Töne der gegriffenen Noten H, C, D, E, Fis, Gis und A, die Octave, seyn.

189. Diejenigen Strahlen, welche einerley Grad der Brechbarkeit haben, werden nach der Brechung in einen Kreis fallen, welcher dem Kreise gleich ist, der von dem Lichte erleuchtet worden wäre, wenn es bis S hätte fortgehen können. Man kann sich dahero dieses Bild als von einer unendlich großen Anzahl solcher gleichen Kreise, von welchen alle Mittelpuncte in eine und dieselbe Linie fallen, zusammengesezt denken. Wenn zum Beyspiele ABCD (fig. 61) das Bild vorstellt, und der Kreis AB von den rothen oder den am wenigsten brechbaren Strahlen gebildet, der Kreis DC aber von den violeten oder den brechbarsten Strahlen gebildet wird, so werden die Strahlen von mittlerer Brechbarkeit eine unzählige Menge Kreise bilden und den ganzen Raum so erfüllen, daß AC und BC als gerade Linien erscheinen. Hieraus ist zu ersehen, daß das Licht, ob es gleich auf dem Bilde in seine ursprünglichen Strahlen zertheilet und viel weniger zusammengesezt ist, als vorhero, demohngeachtet immer noch wegen der Vermischung der Kreise vorzüglich bey der Linie EF, welche von AC und BD gleich weit entfernet ist, in keinem geringen Grade zusammengesezt sey, und daß das Licht bey den Linien AC und BD, wo die Kreise gar nicht übereinander liegen, vollkommen gleichartig oder unzusammengesezt sey. Weil aber die Farben in dem Bilde, welche auf beyden Seiten einer gegebenen Farbe liegen durch die Vermischung eine Farbe zusammensezen, welche von der ursprünglichen mittlern Farbe selbst wenig verschieden ist; so wird sich eine gerade Linie, welche das Bild der Breite nach senkrecht durchschneidet, durchgängig in einerley Farbe befinden. Bey den meisten Versuchen, wo ein unzusammengesezes Licht erfodert wird, ist ein solches Bild hinreichend; aber in den Fällen, wo eine größere Schärfe erfodert wird, kann der Durchmesser der Kreise oder die Breite des Feldes vermin-

dert werden. Unsere gegenwärtige Absicht verstattet es jedoch nicht, uns auf diese Verminderungsart einzulassen.

Aus dem, was wir bereits angeführt haben, erhellet, daß diese Erscheinung aus der Beschaffenheit des Lichtes selbst entspringe, da einige Strahlen desselben brechbarer sind, als andere. Zu mehrerer Bestätigung aber ist noch folgendes zu bemerken: Wenn das Bild auf ein Brett fällt, welches so durchbohrt ist, daß nur ein Lichtstrahl oder eine Farbe hindurch falle; so wird dieser Strahl von einer jeden Brechung, welcher er nachhero unterworfen wird, nicht verändert werden, sondern er wird so wohl die Farbe als Brechbarkeit behalten. Und wenn die Farben des Bildes mittelst einer Zurückwerfung oder Brechung wieder vereiniget werden, so werden sie in der zusammengesezten Farbe, nämlich weiß, erscheinen.

190. Die Zerstreuung der Lichtstrahlen, deren Größe in gleichen Entfernungen von dem Prisma beynahe durch die Länge des Bildes ausgedrückt wird, richtet sich nur in Mitteln von einerley Art nach der Brechung des mittlern Strahles. Wenn dahero zwey Prismen von verschiedenen Glasarten den Sonnenstrahl bey der Brechung von seiner ersten Richtung gleich stark ablenken; so wird das farbigte Bild des einen viel länger seyn, als welches von dem andern dargestellt wurde; und man hat gefunden, daß Glas, zu dessen Zusammensezung viel Bley angewendet worden, unter gleichen Brechungswinkeln der mittleren Strahlen das Licht viel mehr in seine Farben zerstreue, als ein solches Glas, welches viel Alkali enthält.

Wenn man mittelst zweyer Prismen ein kleines Stück Papier erleuchtet, die eine Hälfte mit rothem und die andere mit violetem Lichte, und ein Beobachter dasselbe durch ein anderes Prisma ansiehet; so wird das Papier wegen der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen in zwey Stücke zertheilet erscheinen. Denn indem man die violete Hälfte ansiehet, wird sie als ein mehr brechbares Licht von ihrem wahren Orte weiter entfernet erscheinen als die rothe Hälfte, und wird dahero von ihr abgesondert zu seyn scheinen. Die-

ses gilt ebenfalls von den Farben, die aus der Absonderung des Lichtes, welche die erleuchteten Körper bewürken, entspringen, und die man gewöhnlich natürliche Farben nennet. Denn wenn man ein Papier, die eine Hälfte mit roth und die andere mit Indig bemalt und in den Sonnenschein legt; so wird es ebenfalls zertheilt erscheinen, wenn man es durch ein Prisma ansiehet.

191. Hier möchte es nöthig seyn einigen Zweydeutigkeiten zuvorzukommen, welche aus der weitläuftigen und unphilosophischen Bedeutung der Wörter, die man schwerlich ohne viele Umschweife vermeiden kann, entstehen möchten. Denn wenn man zum Beyspiele die Hand an dem Feuer erhizt hat und man von der Hand redet, so verstehet man unter dem Worte Hitze die Empfindung; wenn man aber von dem Feuer redet, so hat dieses Wort eine ganz andere Bedeutung; es bedeutet nämlich die Kraft, welche diese Empfindung hervorbringt. Die lezte Bedeutung dieses Wortes ist gemein und uneigentlich; denn dasjenige, was dem Feuer das Vermögen giebt, die Empfindung der Hize zu verursachen, kann wie es sehr wahrscheinlich ist, eine Modification oder ein von der Empfindung selbst sehr verschiedenes Ding seyn, und muß dahero von ihr unterschieden werden. Eben so bedienet man sich, wenn man von gefärbten Körpern redet, dergleichen Unbestimmtheit im Ausdrucke; die Farbe eines Körpers kann man in der Beschaffenheit, daß er eine Art von Strahlen mehr als eine andere zurückwirft, sezen, und diese Beschaffenheit kann in der Größe und Bildung seiner Theile *) beruhen. Dieses vorausgesezt, so erhalten wir eine Vorstellung von

*) Nach dem Ritter Newton sind die Lichttheilchen von verschiedener Größe. Die Kügelchen des violeten Lichtes sind am kleinsten, die Kügelchen des rothen Lichtes aber am größten; und hierinn sucht er die verschiedene Brechbarkeit der einfachen Lichtstrahlen, aus denen ein gemeiner Lichtstrahl zusammengesezt ist. Nach Herrn Euler sind die Theilchen des Aethers unter sich gleichartig. Er stellt sich einen Lichtstrahl als eine Reihe von Schlägen auf den Aether vor, welche aber mit ungleicher Geschwindigkeit aufeinander folgen. L.

der Größe und Bildung der Theile unter dem Bilde der Farbe, deren Begriff von der Sache, die ihn erweckt, ganz verschieden ist; demohngeachtet aber werden sie mit einander verwechselt, indem man beyde mit demselben Worte auszudrücken pflegt. Es sind dahero weder die Lichtstrahlen noch die Körper, eigentlich zu reden, gefärbt; sondern sie besitzen blos solche Eigenschaften, vermöge welcher sie geschickt sind, die Vorstellung von der Farbe in der Seele zu erwecken; wenn wir also von farbigten Strahlen und farbigten Körpern reden, muß man diese Ausdrücke nach dem gemeinen Sprachgebrauche annehmen und sie so verstehen, daß die Strahlen oder Körper ein Vermögen haben, die Vorstellung der Farbe zu erwecken.

Fünftes Kapitel.

Von der Zurückwerfung des Lichtes und dem Regenbogen.

192. Das Sonnenlicht bestehet aus Strahlen, welche verschiedentlich zurück geworfen werden, und diejenigen Strahlen, welche brechbarer sind, werden auch stärker zurück geworfen als andere. Es sey ABC (fig. 62) ein Prisma, welches bey B einen rechten Winkel hat und wo die Winkel A und C einander gleich und folglich die Hälfte eines rechten Winkels sind. IN sey ein Lichtstrahl, welcher durch die Fläche BC hindurch und auf AC in N einfällt; so wird er nach der Richtung NG so ausfahren, daß der Sinus des Brechungswinkels GNW mit dem Sinus des Einfallswinkels BNZ in einem gewissen Verhältnisse stehet, welches bey dem Glase beynahe wie 3 zu 2 ist. Wenn nun der Einfallswinkel bey N so beschaffen ist, daß der Sinus des Brechungswinkels dem Halbmesser oder der Brechungswinkel einem rechten Winkel gleich wird; so kann der Strahl nicht ausfahren, sondern er wird gänzlich reflektirt oder in das Glas zurück geworfen. Dieses ereignet sich bey dem Glase, wenn der Einfallswinkel beynahe 41 Grade hält.

Daß die Lichtstrahlen nicht durchgängig gleich stark zurückgeworfen werden siehet man, wenn man das Prisma langsam um seine Axe drehet, bis das Licht anfängt zurückgeworfen zu werden; denn es zeigt sich, daß die brechbarern Strahlen eher oder bey kleinern Einfallswinkeln zurückgeworfen werden, als die welche weniger brechbar sind. Es stelle NM den zurückgeworfenen Strahl vor und das Prisma VXY sey so gestellt, daß es ihn auffangen und mittelst der Refraction in seine Farben zertheilen könne; so wird das Licht, welches zuerst zurückgeworfen wird und fast gänzlich aus violeten Strahlen bestehet, von dem zweyten Prisma so gebrochen werden, daß es nach p fällt und eine violete Farbe giebt. So wie man fortfährt, das Prisma um seine Axe zu drehen; um so mehr und häufiger wird das Licht zurückgeworfen und die Farben zwischen p und t erscheinen eine nach der andern nach der Ordnung ihrer Brechbarkeit, violet, indigblau, blau, grün, gelb, orange und endlich roth, wo alsdenn die Zurückwerfung vollständig ist, da die mittelst der Brechung gebildeten Farben indem sie bey HG verschwinden, eben so bey pt erscheinen.

193. Da bewiesen worden ist, daß das weiße Licht aus Strahlen bestehe, welche in der Brechbarkeit, der Zurückwerfung und in dem Vermögen Begriffe von Farben zu erwecken verschieden sind; so erhellet, daß zu Erklärung der Farben der Körper nichts mehr nöthig sey, als daß man annehme, ein jeder Körper sey mit einem Vermögen oder einer Fähigkeit begabt, Lichtstrahlen von einer gewissen Farbe zurückzuwerfen und die andern zu verschlucken *). Diese Wahrheit darf sich jedoch nicht auf bloße Voraussezungen gründen. Man findet allezeit, daß Körper, welche in das unzusammengesezte Licht des Bildes gestellt werden, die Farbe des Lichtes, in welchem sie sich befinden, mit dem einzigen Unterschiede annehmen, daß sie in der Farbe, die mit ihrer Farbe in dem Tageslichte überein-

*) Die Erklärung dieser Zurückwerfung nach der Eulerischen Theorie ist zu Ende des achten Kapitels angemerkt. L.

kömmt, viel lebhafter erscheinen. Und hieraus erhellet, daß die Farben der Körper nicht so gleichartig und lebhaft als die des farbigten Bildes seyn können; denn weil sie in einem gewissen Grade alle Farben eben so wohl, als eine Haupt- oder herrschende Farbe zurückwerfen, so muß diese Hauptfarbe von der Mischung sehr verdünnt und geschwächt seyn. Hieraus läßt sich ebenfalls schlüßen, daß da die unzusammengesezten Farben bey der Brechung nicht veränderlich sind, sie auch bey der Zurückwerfung nicht veränderlich seyn werden.

194. Das merkwürdigste Beyspiel der Absonderung der Hauptfarben des Lichtes ist der **Regenbogen**, welcher dieserwegen von den Griechen θαυμαντὶς oder die Tochter der Bewunderung genennet wurde. Er wird insgemein durch eine Zurückwerfung der Strahlen des Sonnenlichtes von den Tropfen des herunterfallenden Regens gebildet, wiewohl er auch häufig zwischen den Wellen der See erscheinet, wo deren Gipfel oder die obersten Theile von dem Winde in kleine Tropfen zertheilet worden sind, und zuweilen siehet man ihn auf der Erde, wenn die Sonne auf einen sehr verdichteten Thau scheinet. Wasserfälle und Springbrunnen, wo das Wasser bey dem Falle in Tropfen zertheilet wird, stellen einen Regenbogen dar, wenn der Beobachter während des Sonnenscheines den schicklichen Standort hat; und einem Beobachter, der sich mit dem Rücken gegen die Sonne gewendet hat und aus dem Munde mit Gewalt Wasser herausprizt, wird die Hervorbringung dieser Erscheinung niemals fehlschlagen. Diese Erscheinung siehet man auch bey dem Mondscheine, jedoch ist sie selten deutlich genug um die Farben unterscheiden zu können; so läßt sich ebenfalls ein künstlicher Regenbogen mittelst einer brennenden Kerze an dem Wasser eines kleinen Springbrunnens oder eines Wasserstrahls hervorbringen. Alle diese Regenbogen haben einerley Beschaffenheit und hängen von einerley Ursachen ab, wovon man sich durch folgende Betrachtungen einen deutlichen Begriff machen kann.

195. Es stelle der Kreis WQGB (fig. 63) eine Kugel oder einen Wassertropfen vor, auf welchen parallele Lichtstrahlen fallen, wovon TB ein bey B senkrecht auffallender Strahl ist, und der folglich entweder ohne Brechung durchgehet oder von Q in eben der Linie zurückgeworfen wird. IK sey ein anderer Lichtstrahl, der bey K in einiger Entfernung von B einfällt; so wird derselbe nach einem gewissen Verhältnisse der Sinus des Einfalls- und Brechungswinkel (welches bey Regenwasser 529 zu 396 ist) gegen den Punct L gebrochen werden, aus welchem er zum Theil nach der Richtung LZ durchgehet und zum Theil nach M zurückgeworfen wird, wo er wiederum zum Theil zurückgeworfen wird und zum Theil nach der Richtung MP durchgehet, welche gegen die Richtung des einfallenden Strahles unter dem Winkel IOP geneigt ist. Ein anderer Strahl AN, der noch weiter von B und folglich unter einem größern Winkel einfällt wird in einen Punct F, der noch weiter von Q entfernet ist, gebrochen werden, wo derselbe zum Theil nach G zurückgeworfen wird, aus welchem Puncte er zum Theil ausfahren und einen Winkel AXR mit dem einfallenden Strahle AN machen wird, welcher größer als der Winkel ist, den der Strahl MP mit seinem einfallenden Strahle einschlüßt. Indem also der Einfallswinkel oder die Entfernung des Einfallspunctes von B wächst, so wird auch die Entfernung des Zurückwerfungspunctes von Q und der Winkel, welchen der einfallende Strahl mit dem ausfahrenden zurückgeworfenen Strahle abschneidet, zunehmen; das heißt, es hängt derselbe von der Vergrösserung des Einfallswinkels ab. Da aber die Brechung des Strahles den Zurückwerfungspunct dem Puncte Q näher bringt und den Winkel zwischen dem einfallenden und ausfahrenden zurückgeworfenen Strahl vermindert, und dieses um desto mehr, je weiter der Einfallspunct von B entfernet ist; so wird es einen gewissen Einfallspunct zwischen B und W geben, welchem die größte mögliche Entfernung des Zurückwerfungspunctes von Q und der größte mögliche Winkel zwischen dem einfallenden und dem ausfahrenden zurückge-

worfenen Strahle zukommt. Daß also ein Lichtstrahl, der näher bey B einfällt, bey seinem Ausgange nach der Zurückwerfung einen kleinern Winkel mit dem einfallenden Strahl dieserwegen machen muß, weil er aus einem Puncte, der näher bey Q ist, mehr nach gerader Richtung zurückgeworfen wird; und daß ein Lichtstrahl der in der Nähe von W einfällt, bey seinem Ausgange einen kleinern Winkel mit den einfallenden Strahlen aus der Ursache einschlüssen muß, weil die Brechungswinkel bey seinem Einfalle und Ausgange größer sind. Die Strahlen, welche in der Nähe desjenigen Einfallspunctes einfallen, welchem der größte Ausfallswinkel zukommt, werden bey dem Ausgange mit den einfallenden Strahlen Winkel abschneiden, welche von dem größten Winkel nicht merklich verschieden sind, und werden dahero beynahe einander parallel bleiben; diejenigen Strahlen aber, welche in einiger Entfernung von diesem Puncte einfallen, werden unter verschiedenen Winkeln ausfahren und also divergiren. Es wird aber ein Beobachter, dessen Rücken gegen den leuchtenden Körper gekehrt und dessen Auge sehr weit von der Kugel oder dem Tropfen entfernet ist, das divergente Licht wenig oder gar nicht bemerken; allein wenn die Kugel eine solche Lage hat, daß die Strahlen, welche untereinander parallel oder unter dem größten möglichen Winkel mit den einfallenden Strahlen ausfahren, in das Auge des Beobachters fallen, so wird er es mittelst dieser Strahlen bey einer jeden Entfernung fast mit gleicher Helligkeit sehen.

Auf eben diese Art müssen diejenigen Strahlen, welche untereinander parallel auf eine Kugel fallen und nach zweyfacher Zurückwerfung (wie in den Puncten F und G) ausgeschickt werden, unter sich parallel bey H ausfahren, wenn der Winkel den sie mit den einfallenden Strahlen einschlüssen, der kleinste mögliche ist, und die Kugel erscheinet sehr glänzend, wenn sie eine solche Lage hat, daß diese Parallelstrahlen in das Auge des Beobachters fallen.

Die Größe dieses größten Winkels wird durch Rechnung bestimmt, wenn das Verhältniß der Sinus des Ein-

falls- und Brechungswinkels untereinander bekannt ist; und da dieses Verhältniß bey Strahlen, welche verschiedene Farben hervorbringen verschieden ist, so muß der Winkel bey einer jeden anders seyn. Solchemnach hat man gefunden, daß sein Maas in Regenwasser für die am wenigsten brechbaren oder rothen Strahlen, die nach einer Zurückwerfung parallel ausfahren, 42° 2′ und für die am meisten brechbaren oder violeten Strahlen, welche nach einer Zurückwerfung parallel ausfahren, 40° 17′ betrage; daß bey einer zweyfachen Zurückwerfung die am wenigsten brechbaren oder rothen Strahlen unter einem Winkel von 50° 57′ und die am meisten brechbaren oder violeten Strahlen unter einem von 54° 7′ am häufigsten ausgeschickt werden; und daß die mittlern Farben am häufigsten unter den mittlern Winkeln ausfahren.

196. Man seze nun, in O (fig. 64) sey das Auge des Beobachters und OP sey eine mit den Sonnenstrahlen parallel gezogene Linie; man lasse die Winkel POE, POF, POG, POH 40° 17, 42° 2′, 50° 57′ und 54° 7′ halten und lasse sie um ihren gemeinschaftlichen Schenkel OP herumdrehen; so werden sie mit ihren andern Schenkeln OE, OF, OG und OH die Grenzlinien zweener Regenbogen, wie in der Figur zu sehen, beschreiben. Denn wenn E, F, G, H Tropfen sind, welche sich überall in den von OE, OF, OG, OH beschriebenen Kegelflächen befinden und von den Sonnenstrahlen SE, SF, SG, SH erleuchtet werden; so wird der Winkel SEO, welcher dem Winkel POE gleich ist oder 40° 17′ beträgt, der größte Winkel seyn, bey welchem die brechbarsten Strahlen nach einer Zurückwerfung gegen das Auge gebrochen werden können, und wo dahero alle Tropfen in der Linie OE die brechbarsten Strahlen dem Auge am häufigsten zuschicken und dadurch die Vorstellung der dunklen violeten Farbe in dieser Gegend hervorbringen müssen. Eben so muß der Winkel SFO, der dem Winkel POF gleich ist und 42° 2′ hält, der größte Winkel seyn, bey welchem die am wenigsten brechbaren Strahlen nach einer Zurückwerfung von dem Tropfen ausfahren können, und wo da-

hero diese Strahlen von den Tropfen in der Linie OF am häufigsten in das Auge fallen und die Empfindung des dunkelsten Rothes in dieser Gegend erwecken müssen. Aus eben dem Grunde müssen die Strahlen von mittlerer Brechbarkeit von den Tropfen zwischen E und F herkommen und die Empfindung der mittlern Farben nach der Ordnung hervorbringen, welche die Grade ihrer Brechbarkeit erfodern; nämlich wenn man von E nach F oder von der innern Seite des Regenbogens nach der äussern Seite fortgehet, in folgender Ordnung: violet, indigblau, blau, grün, gelb, orange, roth. Jedoch erscheint die violete Farbe, wegen der Vermischung mit dem weißen Lichte der Wolken blaß und kömmt dem Purpur nahe.

Da ferner der Winkel SGO dem Winkel POG gleich oder von 50° 51′ ist, so wird er der kleinste Winkel seyn, bey welchem die am wenigsten brechbaren Strahlen nach zwo Zurückwerfungen aus dem Tropfen ausfahren können; und wo dahero diese am wenigsten brechbaren Strahlen am häufigsten von den Tropfen in der Linie OG in das Auge fallen und die Empfindung des tiefsten Roth in dieser Gegend erwecken müssen. Und da der Winkel SHO dem Winkel POH gleich ist oder 54° 7′ hält; so ist er der kleinste Winkel, unter welchem die am meisten brechbaren Strahlen nach zwo Zurückwerfungen aus den Tropfen ausgehen können, und also diese Strahlen am häufigsten von den Tropfen in der Linie OH in das Auge fallen und die Empfindung des tiefsten Violet in dieser Gegend erregen müssen. Aus eben dem Grunde müssen die Tropfen in den Gegenden zwischen G und H die Empfindung der mittleren Farben in der Ordnung veranlassen, wie sie die Grade ihrer Brechbarkeit erfodern; nämlich wenn man von G nach H oder von der innern Seite des Bogens nach der äussern fortgehet, nach folgender Ordnung: roth, orange, gelb, grün, blau, indigblau und violet. Weil hiernächst die vier Linien OE, OF, OG, OH allenthalben in den oben erwähnten Kegelflächen liegen können; so muß man alles, was von den Tropfen und Farben in diesen Linien gesagt

worden ist, auch von den Tropfen und Farben an allen Oertern dieser Flächen verstehen.

Solchemnach werden zween farbigte Bogen entstehen, ein innerer und deutlicher mittelst einer Zurückwerfung, und ein äusserer schwächerer mittelst doppelter Zurückwerfung, da das Licht bey einer jeden Zurückwerfung schwächer wird; und ihre Farben werden in entgegengesezter Ordnung liegen, daß die rothe Farbe beyder Bogen den Raum GF, welcher sich zwischen den Bogen befindet, begrenzt. Die Breite des innern Bogens EOF, quer durch die Farben gemessen, beträgt 1° 45′; die Breite des äussern GOH 3° 10′ und der Raum GOF zwischen ihnen 8° 55′; da der größte Halbmesser des innern Bogens, nämlich der Winkel POF 42° 2′, und der kleinste Halbmesser des äussersten, POG, 50° 57′ beträgt. Dieses sind die Maaße, welche die Bogen haben würden, wenn die Sonne nur ein Punct wäre; denn wegen der Größe ihres Körpers wird die Breite der Bogen größer und ihre Entfernung von einander um einen halben Grad kleiner seyn; daß also die Breite des innern Regenbogens 2° 15′, die Breite des äussern 3° 40′, ihre Entfernung 8° 25′, der größte Halbmesser des innern Bogens 42° 17′ und der kleinste Halbmesser des äussern 50° 42′ halten wird. Unter diesen Abmessungen findet man auch sehr nahe die Regenbogen, wenn ihre Farben deutlich und vollkommen erscheinen.

197. Das Licht, welches durch die Regentropfen nach zwo Brechungen ohne Zurückwerfung fällt, muß höchstens in der Entfernung von ohngefähr 26 Graden von der Sonne erscheinen, und auf doppelte Art stufenweise schwächer werden, so wie die Entfernung von derselben zu- und abnimmt. Eben dieses kann man von dem Lichte sagen, welches durch kugelähnliche Hagelkörner fällt. Wenn nun die Hagelkörner, wie es oft geschiehet, etwas gedrückt sind, so kann das durchfallende Licht in einem etwas kleinern Abstande, als den von 26 Graden, so stark werden, daß es einen Hof um die Sonne und den Mond bildet; so oft aber diese Körner regelmäsig gestaltet sind, so kann dieser

Hof gefärbt erscheinen und innerhalb roth, wegen der am wenigsten brechbaren Strahlen, ausserhalb aber wegen der am meisten brechbaren Strahlen blau seyn.

Das Licht, welches durch einen Regentropfen nach zwo Brechungen und drey oder mehr Zurückwerfungen fällt, ist nicht stark genug, um einen bemerkbaren Bogen hervorbringen zu können.

Sechstes Kapitel.

Von der Zerstreuung der ursprünglichen Lichtstrahlen bey der Zurückwerfung oder dem Durchgange, welche von der Dicke des Mittels, auf welches sie fallen, abhängt.

198. Die ursprünglichen oder einfachen Lichtstrahlen lassen sich nicht allein durch eine Brechung oder durch Veränderlichkeit des Einfallswinkels auf einer zurückwerfenden Fläche von einander trennen; sondern sie werden auch bey gleichen Einfallswinkeln nach Beschaffenheit der Dicke oder des Abstandes der beyden Flächen des Mittels, auf welches sie fallen, mehr oder weniger zurückgeworfen. So lassen sie sich auch von ihren geraden Linien ablenken, wenn sie einem Körper auf eine gewisse Entfernung nahe kommen, wodurch eine Trennung erfolgen muß, da die Strahlen nach ihrer Verschiedenheit in der Farbe mehr oder weniger abgelenkt werden; und hiervon wird es dienlich seyn, einige Nachricht zu geben.

Wenn ein Glas oder eine Linse, deren Oberfläche conver oder ein Abschnitt von einer Kugel ist, auf ein anderes ebenes Glas gelegt wird; so ist klar, daß es nur in einem einzigen Puncte auf demselben ruhen oder es berühren werde, und daß dahero alle andere Puncte der anliegenden Flächen von einer dünnen Luftscheibe getrennt sind, deren Dicke in einem gewissen Verhältnisse mit der Entfernung von dem Berührungspuncte zunimmt; es verhält sich nämlich bey Bogen, deren Quersinus sehr klein sind, der Durchmesser der Kugel zu dem Sinus des Bogens wie die-

ser Sinus zu dem Quersinus oder der Dicke der Luftscheibe in der von dem Sinus bestimmten Entfernung.

199. Das in eine solche Luftscheibe fallende Licht gehet nach Verhältniß ihrer Dicke entweder hindurch oder wird zurückgeworfen. So wird das Licht bey dem Berührungspuncte hindurch gelassen und es erscheint daselbst ein schwarzer runder Fleck; dieser Fleck ist mit Kreisen umgeben, deren Farben von der Mitte an gerechnet, blau, weiß, gelb, roth sind; hierauf folgen andere Kreise, nämlich, violet, blau, grün, gelb, roth; sodann purpur, blau, grün, gelb, roth; ferner grün, roth; grünlich blau, roth; grünlich blau, blaßroth; und endlich grünlich blau, röthlich weiß.

200. Dieses sind die Farben, welche mittelst der Zurückwerfung erscheinen; mittelst des durchgelassenen Lichtes aber siehet man folgende Farbenreihen. In dem Mittelpuncte weiß, hierauf gelblich roth, schwarz; violet, blau, weiß, gelb, roth; violet, blau, grün, gelb, roth u. s. w., so daß das durchgelassene Licht bey einer jeden Dicke an statt weiß, in der Farbe erscheinet, welche es haben muß, nachdem einige Farben durch Zurückwerfung weggefallen sind; sodann werden die Farbenreihen zu schwach und zu vermischt, um sie unterscheiden zu können. Hier ist noch zu bemerken, daß die Gläser ohne einen beträchtlich starken Druck nicht in Berührung kommen.

Bey Ausmessung derselben erhellet, daß die Strahlen einer gewissen Farbe zurückgeworfen werden, wenn sich die Dicken der Luftscheibe wie die Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11 u. s. w. verhalten, und daß eben diese Strahlen bey den mittlern Dicken, die sich wie 2, 4, 6, 8, 10 u. s. w. verhalten, durchfallen.

Die Zurückwerfungs- und Durchgangspuncte verschiedener Farben einer Reihe sind so nahe an einander, daß die Farben in einander verlaufen; weswegen die Anzahl der Reihen bey vollem Tageslichte selten über sieben oder achte steigt. Wenn man aber dieses System durch ein Prisma ansiehet, durch dessen Hülfe die Ringe der verschiedenen Farben ihrer Brechbarkeit gemäß getrennt werden, so

kann man sie auf der Seite, gegen welche die Brechung geschiehet, in so großer Anzahl bemerken, daß man sie zu zählen nicht vermögend ist. Oder wenn man in einer verfinsterten Kammer das Sonnenlicht mittelst eines Prisma in die ursprünglichen Strahlen zertheilet und einen Strahl einer unzusammengesezten Farbe mit zwey solchen vorhin beschriebenen Gläsern auffängt; so wird die Anzahl der Kreise sehr groß werden, und so wohl das zurückgeworfene als durchgefallene Licht wird dieselbe Farbe behalten, welche der ursprüngliche eingefallene Strahl hatte. Aus diesen Versuchen ist auch zu ersehen, daß in allen Reihen die Kreise, welche von weniger brechbaren Strahlen entstehen, größer sind als die, welche von mehr brechbaren Strahlen gebildet werden, und daß folglich in allen Reihen die weniger brechbaren Strahlen unter einer größern Dicke zurückgeworfen werden, als die von größerer Brechbarkeit.

Wenn das Licht schief einfällt, so erweitern und vergrößern sich die Farbenringe; woraus folgt, daß die zur Zurückwerfung der Farben einer jeden Reihe erfoderliche Dicke bey verschiedenem schiefen Einfalle verschieden sey.

201. Wenn man an die Ränder der Gläser Wasser bringt, so wird es hineingezogen, füllt den Zwischenraum an und macht eine Wasserscheibe von eben den Dimensionen aus, welche die vorhergehende Luftscheibe hatte. In diesem Falle werden die Ringe viel schwächer, verändern sich aber nicht in den Farben und sind in den Durchmessern beynahe in dem Verhältnisse wie 7 zu 8 kleiner; folglich verhalten sich die Entfernungen der Gläser bey einerley Kreisen, welche von diesen beyden Mitteln, dem Wasser und der Luft hervorgebracht werden, beynahe wie 3 zu 4; das ist, beynahe wie die Sinus des Einfalls- und Brechungswinkels auf einer ihnen gemeinschaftlichen Fläche. Und hieraus kann man vermuthen, daß wenn ein anderes mehr oder weniger dichtes Mittel, als Wasser, zwischen den beyden Gläsern eingeschlossen würde, ihre Entfernungen bey den dadurch entstandenen Ringen sich zu den Entfernungen bey den ihnen ähnlichen von der Luft hervorgebrachten Rin-

gen verhalten werden, wie sich der Sinus des Brechungswinkels aus der Luft in dieses Mittel zu dem Sinus des Einfallswinkels auf die gemeinschaftliche Fläche verhält.

Dieses sind einige Erscheinungen bey dem Lichte, wenn es auf solche Mittel fällt, die von dichteren Mitteln umgeben sind, so wie die Luft und das Wasser von Glasscheiben eingeschlossen oder umgeben war. Eben diese Erscheinungen erfolgen, wiewohl mit einiger Veränderung, wenn das färbende Mittel dichter als dasjenige ist, von welchem es eingeschlossen wird.

202. Es ist sehr wohl bekannt, daß Seifenblasen eine große Verschiedenheit in Farben geben; da aber diese Farben gemeiniglich von der äussern Luft zu sehr bewegt werden, als daß man eine sichere Beobachtung anstellen könnte, so muß man diese Blase mit einem hellen Glase bedecken; in welcher Lage sich folgende Erscheinungen ergeben: Die Farben entspringen bey dem obersten Theile der Blase, und so wie sie dünner wird, indem sich das Wasser herunterziehet, so breiten sie sich dem Horizonte parallel in Kreise oder Ringe aus, welche langsam herunterrücken und nach und nach bey dem Boden verschwinden. Dieses Entstehen der Farben dauert so lange, bis das Wasser an den obersten Theile zum Zurückwerfen des Lichtes zu dünne wird, wo alsdenn ein sehr schwarzer runder Fleck auf dem obern Theile erscheinet, der sich allmählig und zuweilen bis auf $\frac{3}{4}$ Zoll im Durchmesser erweitert, ehe die Blase zerspringt. Von dem schwarzen Flecke im Mittelpuncte an gerechnet haben die zurückgeworfenen Farben dieselbe Ordnung und Beschaffenheit als die, welche von der oben erwähnten Luftscheibe hervorgebracht wurden und die Erscheinungen bey der Blase sind in Ansehung des durchgefallenen Lichtes auch denjenigen ähnlich, welche von der Luftscheibe in dergleichen Umständen entstanden.

Wenn die Farben unter verschiedenen schiefen Winkeln angesehen werden, so werden ihre Oerter verändert, jedoch nicht ganz so viel, wie bey der Luftscheibe.

203. Wenn das Ende einer feinen Glasröhre geschmelzt wird, indem man mittelst eines Löthrohres die Flamme eines Lichtes oder einer Lampe auf dasselbe richtet, so kann man es in eine äusserst dünne Kugel ausblasen. Eine solche Kugel wird eben dergleichen Farben, wie die vorhergehende vorstellen, jedoch viel lebhafter und stärker. Hieraus so wohl als aus den vorhergehenden Bemerkungen läßt sich schlüssen, daß ein dichteres von einem dünnern eingeschlossenes Mittel lebhaftere Farben darstellt, als welche ein dünneres von einem dichtern eingeschlossenes Mittel hervorbringt. So wird man auch bemerken, daß die Farben, welche von dichtern Körpern zurückgeworfen oder durch dieselben hindurchgelassen werden, sich weniger durch die veränderte schiefe Richtung des einfallenden Lichtes verändern, als es bey dünnern Körpern geschiehet.

204. Wenn sehr dünne Scheiben von moscowitischem Glase befeuchtet werden, so verursacht deren Dünnheit die Erscheinung dergleichen Farben; die Farben sind schwächer und matter besonders, wenn die dem Auge gegenüber liegende Seite befeuchtet worden ist. Jedoch wird keine Veränderung ihrer Arten hervorgebracht; daß also die Dicke einer jeden Scheibe, welche zu Hervorbringung einer jeden Farbe erfoderlich ist, blos von der Dichtigkeit der Scheibe und nicht von dem sie umgebenden Mittel abhängt; und hieraus kann man die Dicke erfahren, welche die dünnen Scheiben eines jeden durchsichtigen Körpers an dem Orte haben, wo eine gegebene Farbe einer jeden Reihe hervorgebracht wird. Denn es verhält sich der Sinus des Einfallswinkels auf der gemeinschaftlichen Fläche zu dem Sinus des Brechungswinkels aus dem gegebenen Mittel in die Luft, wie die Dicke der Luftscheibe, welche die gegebene Farbe darstellt zur Dicke der gegebenen Scheibe.

Siebendes Kapitel.

Allgemeine Folgerungen in Ansehung der Fähigkeit zurückgeworfen oder durchgelassen zu werden, welche bey den Lichtstrahlen von der Dicke des Mittels, auf welches sie fallen, bewürkt wird.

204. Wenn man die Versuche und Beobachtungen des vorhergehenden Kapitels sorgfältig erwäget und betrachtet; so führen sie auf folgenden allgemeinen Saz, nämlich:

Ein jeder Lichtstrahl wird, wenn er durch eine brechende Fläche gehet, in einen gewissen vorübergehenden Zustand versezt, welcher bey dem Fortgange des Strahles in gleichen Zeiten wiederkömmt und ihn bey jeder Zurückkehr vermögend macht, daß er durch die nächste brechende Fläche leicht hindurchgelassen und zwischen diesen Zurückkehrungen von ihr leicht gebrochen wird.

Denn aus diesen Beobachtungen erhellet, daß eine und dieselbe Art von Lichtstrahlen unter gleichen Einfallswinkeln auf einer dünnen durchsichtigen Scheibe sehr oft wechselsweise zurückgeworfen und durchgelassen werden. Wenn dahero die Dicken der Scheibe nach der arithmetischen Zahlenreihe 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 u. s. w. zunehmen und die erste Zurückwerfung oder das, was den ersten oder innersten Farbenring macht, bey der Dicke 1. geschiehet, so werden die Strahlen bey den Dicken 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 u. s. w. durchgelassen und machen dadurch so wohl den Fleck im Mittelpuncte als die Lichtringe, welche mittelst der Durchlassung erscheinen; bey den Dicken 1, 3, 5, 7, 9, 11 u. s. w. aber werden sie zurückgeworfen und machen dadurch die Ringe, welche mittelst der Zurückwerfung erscheinen. Diese wechselsweise Zurückwerfung und Durchlassung dauert in einer grossen Anzahl Abwechselungen fort, und nach andern Beobachtungen, welche wir der Kürze wegen übergehen, wurden sie viele tausendmal von einer Fläche der Glasscheibe bis zur andern fortgepflanzt, obgleich die Dicke

der Scheibe einen Viertelzoll und darüber betrug; daß also diese Abwechselung von jeder brechenden Fläche auf alle Entfernungen ohne Ende oder Grenze fortgepflanzt zu werden scheinet. Weil nun der Lichtstrahl unter den Dicken 1, 3, 5, 7 u. s. w. zur Zurückwerfung und unter den Dicken 0, 2, 4, 6, 8, u. s. w. zum Durchgange geschickt ist, denn sein Durchgang durch die erste Fläche geschiehet in dem Abstande 0 und wird durch beyde zugleich hindurchgelassen, wenn ihr Abstand unendlich klein oder viel kleiner als 1 ist; so muß man die Fähigkeit in den Abständen 2, 4, 6, 8, u. s. w. durchgelassen zu werden einer Rückkehr zu derselben Fähigkeit zuschreiben, welche der Strahl zuerst bey dem Abstande 0, das ist, bey seinem Durchgange durch die erste brechende Fläche hatte.

Dieses abwechselnde Zurückwerfen und Durchlassen hängt von den beyden Flächen jeder dünnen Scheibe ab, weil es von ihrem Abstande abhängt. Denn wenn eine der beyden Flächen einer dünnen Scheibe von moscowitischem Glase naß gemacht worden, so werden die Farben matt; es muß dahero von beyden abhängig seyn.

Es wird bey der andern Fläche bewürkt; denn wenn es bey der ersten bewürkt würde, ehe die Strahlen zu der andern kämen, so würde es nicht von der andern abhängen.

Es ist auch einer gewissen Würkung oder Fähigkeit zuzuschreiben, die es von der ersten zur andern fortgepflanzet, weil es sonst bey der andern nicht von der ersten abhängen würde. Und diese Würkung oder Fähigkeit hört auf und kömmt wieder in gleichen Zwischenräumen indem sie fortgepflanzt werden, weil sie bey jedem Fortgange den Strahl fähig macht in einem gewissen Abstande von der ersten Fläche mittelst der andern zurückgeworfen und in einem andern von ihr durchgelassen zu werden, und dieses in gleichen Zwischenräumen für unzählige Abwechselungen.

205. Dieses Zurückkehren der Fähigkeit eines Strahles zurückgeworfen zu werden, heißt sein **Zurückwerfungsvermögen**; die Fähigkeit hindurchgelassen zu wer-

den, sein Durchlassungsvermögen, und der Raum, welchen er zwischen jeder Rückkehr und der folgenden Rückkehr durchläuft der Raum seines Vermögens.

Es stelle CDFE (fig. 65.) ein durchsichtiges Mittel, zum Beyspiele, Wasser vor, auf welches der Strahl AB bey einem Puncte der Oberfläche oo einfällt. Man ziehe die Linie 1, 1 und lasse den Raum zwischen ihr und oo allenthalben dem in dem lezten Kapitel beschriebenen Abstande der beyden Flächen der Wasserschicht gleich seyn, wenn der erste Farbenring zurückgeworfen wurde. Es würde also, wenn die untere Fläche des Mittels bey 1, 1 wäre, der Strahl nach demselben Geseze wie der Farbenring zurückgeworfen werden, und dahero bey 1, 1 das Zurückwerfungsvermögen haben. Man ziehe die Parallellinien 2, 2 in eben der Entfernung von 1, 1 so wird die Entfernung zwischen 0, 0 und 2, 2 der Abstand der Flächen seyn, bey welchem der erste Farbenring durchgelassen wurde; es würde dahero der Strahl durchgelassen werden, wenn die Fläche bey 2, 2 wäre, und er würde folglich ein Durchlassungsvermögen haben. Bey 3, 3 findet wieder ein Zurückwerfungsvermögen statt, und wenn man eben dieses auf die eben so weit von einander abstehenden Linien 4, 4 5, 5; 6, 6; 7, 7; 8, 8 anwendet; so erhellet, daß der Strahl wechselsweise zur Zurückwerfung und zur Durchlassung geschickt sey. Wenn die lezte Parallellinie oder die Grundfläche von der Oberfläche 0, 0 unter einer gleichen Anzahl Abstände entfernet ist, so wird der Strahl mit dem Durchlassungsvermögen daselbst ankommen und ausfallen; wenn aber die Zahl ungerade ist, so wird er daselbst mit dem Zurückwerfungsvermögen ankommen und in das Mittel zurückkehren. Die Abstände zwischen den Linien 0, 0 und 2, 2; 2, 2 und 4, 4 u. s. w. sind die Räume des Durchlassungsvermögens und die Abstände zwischen 1, 1 und 3, 3; 3, 3 und 5, 5 u. s. w. sind die Räume des Zurückwerfungsvermögens.

206. Was für eine Art der Würkung oder Fähigkeit diese sey, ob sie in einer kreisförmigen oder schwingenden

Bewegung des Strahles oder des Mittels bestehe oder was sie sonst sey, dieses zu bestimmen, mangeln uns Versuche. Diese Begebenheiten aber sind demohngeachtet wahr, ob wir gleich die Art ihres Ursprunges nicht kennen. Der große Mann, dessen durchdringendem Verstande und Fleiße wir beynahe alle die Kenntnisse zu verdanken haben, die wir von den Eigenschaften des Lichtes besitzen, hat zu Auflösung dieser Erscheinungen eine Hypothese mit grosser Bescheidenheit vorgetragen. Sie ist nicht ohne Schwierigkeiten und muß dahero mit eben der Behutsamkeit, mit welcher man sie vortrug, so lange angenommen werden, bis Versuche sie entweder bestätigen oder eine andere Theorie an ihre Stelle sezen.

Die Hypothese ist diese: Man kann annehmen, daß so wie Steine, die in das Wasser fallen, das Wasser in eine wellenförmige Bewegung sezen, und wie alle Körper, an die man schlägt, schwingende Bewegungen in der Luft erregen, auch die Lichtstrahlen, indem sie auf eine brechende oder zurückwerfende Fläche stossen, in dem brechenden oder zurückwerfenden Mittel oder Körper Schwingungen hervorbringen und bey Hervorbringung derselben die festen Theile des brechenden oder zurückwerfenden Körpers bewegen und durch deren Bewegung den Körper warm oder heiß machen; daß die solchemnach hervorgebrachten Schwingungen in dem brechenden oder zurückwerfenden Mittel oder Körper auf eben die Art, wie die Schwingungen in der Luft zu Hervorbringung des Schalles fortgepflanzet werden, und sich schneller als die Strahlen bewegen, so, daß sie dieselben übertreffen; und daß wenn ein Lichtstrahl auf einen solchen schwingenden Theil fällt, welcher mit ihm einerley Bewegung hat, derselbe leicht durch die brechende Fläche gebrochen werde, wenn er aber auf den sich entgegengesezt schwingenden Theil fällt, der ihn in seiner Bewegung aufhält, derselbe leicht zurückgeworfen werde; daß folglich jeder Lichtstrahl abwechselnd geschickt sey, von jeder Schwingung, die ihn überwindet, leicht zurückgeworfen oder leicht durchgelassen zu werden.

(Diese sinnreiche Hypothese kömmt mit der Eulerischen Theorie des Lichtes sehr nahe überein und kann als ein abermaliger Beweis der dem Schalle und den Tönen ähnlichen Hervorbringung des Lichtes und der Farben dienen. Denn man weiß, daß der berühmte Herr Euler zu Erklärung der Fortpflanzung des Lichtes Schwingungen einer feinen Flüßigkeit oder des Aethers annimmt, welche die Theile der Körper erschüttern, und daß die Verschiedenheit der Farben von der Anzahl der Schläge in einer gewissen Zeit oder von der verschiedenen Geschwindigkeit dieser Schläge abhängt. Es lassen sich dahero diese Farbenringe als eine Fortsezung der verschiedentlich geschwinden Schwingungen auf ähnliche Art erklären, wie das mittelst eines Resonanzbodens bewürkte Fortklingen der Töne. L.)

Achtes Kapitel.

Von den beständigen Farben der natürlichen Körper und der Aehnlichkeit zwischen ihnen und den Farben dünner durchsichtiger Scheiben.

207. Es ist schon gezeigt worden, daß die Farben der natürlichen Körper aus der Beschaffenheit eine Art Lichtstrahlen häufiger als die andern zurückzuwerfen zu erklären sind. Allein ihre Einrichtung, vermöge welcher sie einige Strahlen häufiger als andere zurückwerfen, bleibt uns noch aufzusuchen übrig; und damit wollen wir uns in diesem Kapitel beschäfftigen.

Diejenigen Oberflächen der durchsichtigen Körper werfen die größte Menge Licht zurück, welche das stärkste Brechungsvermögen haben; nämlich diejenigen, welche sich zwischen solchen Mitteln befinden, die in Ansehung ihrer Brechbarkeit am meisten von einander abweichen. Dahingegen findet bey der gemeinschaftlichen Fläche gleich stark brechender Mittel keine Zurückwerfung statt.

Die Aehnlichkeit zwischen der Brechung und Zurückwerfung wird erhalten, wenn man betrachtet, daß die meisten brechenden Mittel die Lichtstrahlen bey kleinen Ein-

fallswinkeln gänzlich zurückwerfen, wie vorhin gezeigt worden ist. Die Wahrheit dieses Sazes erhellet aber auch aus der Beobachtung, daß bey der gemeinschaftlichen Fläche zweyer durchsichtigen Mittel die Zurückwerfung stärker oder schwächer ist, nachdem die Fläche ein stärkeres oder schwächeres Brechungsvermögen hat. Wenn ein durchsichtiger fester Körper in Wasser eingetaucht wird, so ist seine Zurückwerfung viel schwächer als vorhero und sie wird noch schwächer, wenn er in einen flüssigen Körper getaucht wird, dessen Brechungsvermögen grösser, als bey dem Wasser ist. Wenn das Wasser mittelst einer eingebildeten Fläche in zween Theile getheilet wird; so giebt es an dieser gemeinschaftlichen Fläche gar keine Zurückwerfung. Bey der gemeinschaftlichen Fläche des Wassers und Eises ist sie sehr klein; zwischen Wasser und Oel etwas grösser; zwischen Wasser und Steinsalz noch grösser; und zwischen Wasser und Glas oder Krystall oder andern dichtern Körper noch grösser, so wie diese Mittel mehr oder weniger in ihrem Brechungsvermögen von einander abweichen. Die Ursache, warum gleichförmig durchsichtige Mittel, als Wasser, Glas oder Krystall keine merkliche Zurückwerfung ausser bey ihren Oberflächen haben, wo sie an andere Mittel von anderer Dichtigkeit grenzen, beruhet also darinn, daß alle ihre Bestandtheile einen und denselben Grad der Dichtigkeit haben.

208. Die kleinsten Theile fast aller natürlichen Körper sind in einem gewissen Grade durchsichtig; und die Dunkelheit der Körper kömmt von der Menge der Zurückwerfungen her, die von ihren innern Theilen verursacht werden. Davon kann man sich leicht unterrichten, wenn man kleine Körper mit dem Mikroskop oder Vergrösserungsglase betrachtet; denn sie erscheinen meistentheils durchsichtig. Dieses kann man auch mit einem in eine verdunkelte Kammer durch eine Oeffnung hineingelassenen Lichtstrahle versuchen. Denn jeder Körper wird, so dunkel er auch ist, wenn er in hinlänglich kleine Theile getheilet und vor die Oeffnung gebracht worden, offenbar durchsichtig erscheinen.

Nur die weißen metallenen Körper müssen ausgenommen werden, welche wegen ihrer sehr grossen Dichtigkeit fast alles auf ihre Oberfläche gefallene Licht zurückzuwerfen scheinen; wofern sie nicht durch ein Auflösungsmittel in sehr kleine Theile aufgelöset worden sind, da sie alsdenn auch durchsichtig werden.

Zwischen den Theilen dunkler oder gefärbter Körper giebt es viele Räume, die entweder leer oder mit Mitteln von anderer Dichtigkeit angefüllet sind; Wasser ist zwischen den färbenden Theilen eines gefärbten Wassers; Luft zwischen den Wasserkügelchen, welche die Wolken und Nebel ausmachen, und Räume, meistentheils an Luft und Wasser leer, jedoch vielleicht nicht an aller Materie leer, befinden sich zwischen den Theilen harter Körper.

Die Wahrheit dieses Sazes erhellet aus den beyden vorhergehenden; denn vermöge des andern Sazes geschehen viele Zurückwerfungen von den innern Theilen der Körper, welche sich nicht ereignen würden, wenn die Theile dieser Körper ohne alle Zwischenräumen aneinander hängen sollten; weil die Zurückwerfungen blos an den Flächen geschehen, welche sich zwischen Mitteln von verschiedener Dichtigkeit befinden.

Noch ein anderer Beweis, daß die Dunkelheit der Körper aus der Unterbrechung ihrer Theile entspringe, kann aus der Betrachtung hergenommen werden, daß dunkle Körper durchsichtig werden, wenn man ihre Zwischenräume mit einer Materie anfüllt, deren Dichtigkeit der Dichtigkeit ihrer Theile gleich oder beynahe gleich ist. So werden Papier, wenn es mit Wasser oder Oel bestrichen wird, das Weltauge, wenn es im Wasser gelegen, geölte oder gefirnißte Leinwand und viele andere Körper, wenn sie in solche Flüssigkeiten, die ihre Zwischenräume genau ausfüllen, gelegt worden sind, durchsichtiger als vorhero; da im Gegentheile die meisten durchsichtigen Körper durch Ausleerung ihrer Zwischenräume oder Trennung ihrer Theile hinlänglich dunkel gemacht werden, als Salze oder naßes Papier oder das Weltauge, wenn sie getrocknet werden;

Horn, wenn es geschabt wird; Glas, wenn es zu Pulver gestossen wird oder sonst Risse bekömmt; Terpentin, wenn er mit Wasser bis zu einer unvollkommnen Vermischung abgerieben wird; und Wasser, wenn es in kleine Blasen entweder in der Gestalt des Schaumes oder durch Abreiben mit Terpintinöl oder mit andern schicklichen Flüssigkeiten, mit denen es sich nicht vollkommen vereinigt, verwandelt wird.

Die Theile der Körper und ihre Zwischenräume müssen eine bestimmte Größe haben, um sie dunkel oder gefärbt zu machen.

Denn die dunkelsten Körper, wenn sie in sehr feine Theile getheilet worden, wie zum Beyspiele, Metalle durch Auflösung in Säuren, werden vollkommen durchsichtig. Dahin kann man auch dieses rechnen, daß der dunkle Fleck in der Nähe des Berührungspunctes zwoer Glasscheiben in einer ansehnlichen Breite, wo sich die Gläser nicht vollkommen berührten, das ganze Licht hindurchließ; und die Zurückwerfung bey dem dünnsten Theile der Seifenblasen war so unmerklich, daß dieser Theil wegen des ermangelnden zurückgeworfenen Lichtes sehr dunkel erschien.

Daher kömmt es, daß Salz, Glas, Steine und andere dergleichen Körper durchsichtig sind. Denn sie scheinen in vieler Betrachtung eben so viel Oeffnungen und Zwischenräume zwischen ihren Theilen, als andere Körper zu haben, in ihren Theilen und Zwischenräumen aber zu klein zu seyn, als daß sie bey ihrer gemeinschaftlichen Fläche eine Zurückwerfung verursachen sollten.

209. Die durchsichtigen Theile der Körper müssen ihren verschiedenen Grösse gemäß die Strahlen von einer gewissen Farbe zurückwerfen und von einer andern Farbe aus eben dem Grunde hindurchlassen aus welchem dünne Scheiben oder Blasen diese Strahlen zurückwerfen oder durchlassen; und dieses ist die Ursache aller ihrer Farben.

Denn wenn ein dünner Körper oder eine Platte, welche durchgängig einerley Dicke hat und allenthalben in einer Farbe erscheinet, in Blättchen zerschnitten oder Stücke zer-

brochen wird, die eben die Dicke wie die Platte haben; so ist keine Ursache vorhanden, warum jedes dieser Blättchen oder Stücke nicht dieselbe Farbe beybehalten sollte, und warum ein Haufen dieser Blättchen oder Stücke nicht eine Masse oder ein Pulver von eben der Farbe geben sollten, welche die Platte vor dem Zerbrechen hatte. Da nun die Theile aller Körper eben so vielen Stücken einer Platte gleich sind; so müssen sie aus eben dem Grunde einerley Farben darstellen.

Daß dieses sich aber so verhalte, erhellet aus der Uebereinstimmung in ihren Eigenschaften. Die fein gefärbten Federn einiger Vögel und besonders die Federn der Pfauschwänze haben an einem und demselben Orte der Feder unter verschiedenen Lagen gegen das Auge verschiedene Farben. Eben so erscheinen die feinen Spinneweben einiger Spinnen gefärbt, und die Fäden einiger seidnen Zeuge verändern bey veränderter Lage des Auges ihre Farben. Auch die Farben seidner und anderer Zeuge auch anderer Körper, welche leicht von Flüssigkeiten durchdrungen werden können, werden viel matter, wenn man sie naß macht auf eben die Art, wie das moscowitische Glas, und erhalten ihre Lebhaftigkeit wieder, wenn sie trocken werden. Gleichergestalt können wir bey Betrachtung der verschiedenen Erscheinungen unseres Dunstkreises bemerken, daß die aufsteigenden Dünste die Durchsichtigkeit der Luft nicht hindern, wenn sie in zu kleine Theile getheilet sind, als daß sie eine Zurückwerfung bey ihren Flächen bewürken können. Wenn sie aber um Regentropfen zu bilden anfangen, sich zusammenzuziehen und Tropfen von der mittlern Grösse zu machen; so werden diese Kugeln, wenn sie die gehörige Grösse erlangt haben, einige Farben zurückwerfen, andere hindurchlassen und Wolken von verschiedener Farbe nach Beschaffenheit ihrer Grösse darstellen. Und es ist in der That schwer bey einem so durchsichtigen Körper, als das Wasser ist, sich zu Hervorbringung dieser Farben etwas oder eine Eigenschaft ausser der Grösse ihrer Flüssigkeit und der kugelförmigen Theile zu denken.

Die Theile der Körper, von welchen die Farben abhängen, sind dichter als das Mittel, welches ihre Zwischenräume ausfüllt.

Denn wenn sie es nicht wären; so würde die Veränderung der Farbe, welche von dem verschiedentlich schief einfallenden Lichte entspringen müßte, eine gemischte und unvollkommene Farbe zusammensezen und niemals so lebhaft seyn, wie sie die Erfahrung zeigt. Wenn aber die Theile viel dichter als das sie umgebende Mittel sind, so ist diese Veränderung nicht so beträchtlich; es können dahero die Strahlen, welche unter sehr wenig schiefen Winkeln zurückgeworfen werden, die übrigen so viel übertreffen, daß ein Haufen solcher Theile in einer sehr verdichteten Farbe erscheinet.

Man kann also auf die Grösse der Theile, aus welchen die Körper bestehen, aus ihren Farben muthmaßlich schlüssen.

Denn weil die Theile dieser Körper fast von eben der Dichtigkeit, als Wasser und Glas sind, wie man aus vielen Umständen schlüssen kann; so ist es höchst wahrscheinlich, daß sie eben die Farben bey einer Platte von gleicher Dicke darstellen würden. Da nun die Farbe bekannt ist, so kann man aus den vorhergehenden Bemerkungen die Dicke leicht finden.

210. (Aus dem, was in den vorhergehenden Kapiteln von der Eulerischen Theorie des Lichtes und der Farben angemerkt worden ist, läßt sich leicht schlüssen, daß sie von der Newtonischen Theorie in Erklärung der natürlichen Farben der Körper, und der Ursache ihrer Durchsichtigkeit und Dunkelheit abweichen müsse. Es theilet nämlich der berühmte Herr Euler die natürlichen Körper in leuchtende, zurückwerfende, durchsichtige und dunkle ein.

Die Theile der leuchtenden Körper befinden sich in einer schwingenden Bewegung, welche sie dem allenthalben in dem Himmelsraume ausgebreiteten Aether mittheilen und durch Hülfe dieser dem Aether mitgetheilten Schwingungen auf eben die Art fortgepflanzet werden, wie eine

schallende Glocke mittelst ihrer der Luft mitgetheilten Erschütterungen oder Schwingungen den Schall fortpflanzt.

Diese nach geraden Linien fortgesezten Schwingungen des Aethers oder die Lichtstrahlen werden von den Oberflächen zurückwerfender Körper nach eben dem Geseze zurückgeworfen, nach welchem jeder federharte Körper von den Flächen auf die er fällt zurück springt. Spiegelflächen ändern blos die Richtung der auffallenden Lichtstrahlen ohne die Schläge zu schwächen oder deren Vielheit zu vermindern. Die zurückgeworfenen Strahlen stellen dahero nicht den Körper vor, der sie zurückgeworfen hat; sondern den Körper, von welchem sie eingefallen sind. Es werden aber die leztern Körper grösser oder kleiner oder verzerrt vorgestellt, nachdem die Flächen der Spiegel verschiedene Gestalten haben und also die Richtung der auffallenden Strahlen verschiedentlich aber allezeit nach dem Geseze geändert wird, daß der Ausfallswinkel dem Einfallswinkel gleich ist.

Die durchsichtigen Körper, als Glas, Wasser, Luft u. d. g. sind nur deswegen durchsichtig, weil sie Aether in sich enthalten und mit demselben so vermischt sind, daß die Bewegungen, welche von dem Lichte darinn hervorgebracht werden, sich mittheilen und fortpflanzen können, ohne von dem Körper aufgehalten zu werden. Auf diese Art gehen die Lichtstrahlen in geraden Linien durch diese Körper, nachdem sie vorhero an der Oberfläche gebrochen worden sind. Dieser Durchgang ist aber niemals so frey wie in dem reinen Aether, und es verliert sich immer etwas von seiner Bewegung und dieses um desto mehr, je dicker der Körper ist. So ist ein grosses Stück Glas von einigen Füssen in der Dicke nicht mehr durchsichtig; da es im Gegentheile keinen undurchsichtigen Körper giebt, der nicht endlich durchsichtig werden sollte, wenn er hinlänglich dünn gemacht wird.

So wie die leuchtenden Körper mit musikalischen Instrumenten zu vergleichen waren, welche gespielet werden oder würklich Töne geben; so sind die dunklen Körper, so

lange sie nicht erleuchtet sind, ungespielten musikalischen Instrumenten oder ungerührten gespannten Saiten zu vergleichen. Solchemnach werden die kleinsten Theile auf den Oberflächen dunkler Körper eine gewisse Spannung haben, vermöge welcher sie, wenn sie von dem schwingenden Aether erschüttert werden, eine gewisse bestimmte Menge Schwingungen geben und eine bestimmte Farbe darstellen. Folglich werden selbst die eigenthümlichen äussern Theile des Körpers, nachdem sie in Bewegung gesezt worden sind, unserem Auge empfindlich und stellen dahero sich selbst dar; nicht aber den Körper, von welchem das Licht kam.

Es erscheinet dahero ein Körper weiß, wenn dessen Theile an der Oberfläche die verschiedenen Spannungen haben, um die verschiedentlich geschwinden Schwingungen der gemischten Farbe hervorzubringen; wenn aber die Theile des Körpers an der Oberfläche, einer schlaffen Saite gleich, gar nicht gespannt sind und also dem Aether gar keine Schläge mittheilen können, so erscheinet der Körper schwarz.

Hiernächst giebt es aber auch dunkle Körper, bey denen, wenn sie erleuchtet werden, eine würkliche Zurückwerfung vorgehet. Pfauenfedern, schillernder Taffent stellen wegen ihres Glanzes nicht allein ihre eigene Farbe, sondern auch die Farbe des Körpers dar, von welchem sie ausfielen, und ändern dahero unter verschiedenen Gesichtspuncten ihre Farbe; welches jedoch auch bey sehr schwach glänzenden Zeugen geschiehet, wenn der Aufzug und Einschlag verschiedene Farben haben, und man aus einem Gesichtspuncte beyde zugleich, aus einem andern Gesichtspuncte aber nur einen von beyden siehet. Einen sehr faßlichen Unterricht von der Eulerischen Theorie des Lichtes und der Farben wird man in seinen Briefen an eine deutsche Prinzessin von dem 17 Briefe an finden. L.)

Neuntes Kapitel.

Von dem Zurückwerfungs- und Brechungsvermögen der Körper.

211. Die Zurückwerfung des Lichts wird nicht durch ein Anstossen oder Anschlagen an die festen Theile der Körper verursacht. Dieses erhellet aus folgenden Betrachtungen. Erstlich, wenn das Licht aus Glas in Luft gehet, wird es eben so stark oder vielmehr etwas stärker zurückgeworfen, als wenn es aus Luft in Glas gehet, und um viele Grade stärker, als wenn es aus Glas in Wasser gehet. Es ist aber nicht wahrscheinlich, daß die Luft mehr zurückwerfende Theile, als das Wasser oder Glas haben sollte. Wollte man aber auch dieses als möglich annehmen, so würde man doch damit nichts gewinnen; denn die Zurückwerfung ist eben so stark oder stärker, wenn die Luft bey dem Glase hinweggenommen worden, als wenn sie an dasselbe grenzt. Zweytens; wenn das Licht bey seinem Durchgange aus Glas in Luft unter einem grössern Winkel als von 40 oder 41 Graden einfällt; so wird er gänzlich zurückgeworfen; wenn er aber spitzer ist, gehet er meistentheils hindurch. Nun läßt es sich aber nicht denken, daß das Licht unter einem Grade des schiefen Einfalles Zwischenräume genug in der Luft antreffen werde, um den größten Theil hindurchzulassen, und unter einem andern Grade des schiefen Einfalles nur solche Theile antreffen müsse, welche es gänzlich zurückwerfen; wenn man besonders betrachtet, daß es bey seinem Durchgange aus Luft in Glas, der Einfallswinkel sey so schief wie man will, in dem Glase Zwischenräume genug antrifft, welche den größten Theil davon hindurchlassen. Wollte man auch annehmen, daß es nicht von der Luft zurückgeworfen werde, sondern von den äussersten Theilen der Glasfläche, so hätte man hier noch dieselbe Schwierigkeit; denn ausserdem, daß eine solche Vorausſezung sich nicht erklären lässet, wird man sie auch als falsch erkennen, wenn man hinter einen Theil des Glases anstatt der Luft Wasser anbringt.

Denn bey einer so bequemen schiefen Richtung, wie zum Beyspiele von 45 oder 46 Graden, wo alle Strahlen zurückgeworfen werden, wenn Luft an das Glas stößt, werden die Strahlen größtentheils hindurchgelassen, wenn Wasser hinter dem Glase ist. Hieraus ist zu schlüssen, daß ihre Zurückwerfung von der Beschaffenheit der Luft und des Wassers abhänge und nicht dem Anschlagen der Lichtstrahlen an die Glastheile zuzuschreiben sey. Drittens, wenn man die Farben, welche mittelst eines Prisma von einem Lichtstrahle in einer verdunkelten Kammer dargestellt werden, auf ein anderes in einige Entfernung von dem erstern gestelltes Prisma nach und nach so richtet, daß sie eine nach der andern auf dasselbe fallen; so kann man das andere Prisma gegen die einfallenden Farbenstrahlen so stellen, daß alle blaue Strahlen zurückgeworfen, die rothen Strahlen aber sehr häufig hindurchgelassen werden. Wenn nun die Zurückwerfung von den Luft- oder Glastheilen verursacht werden sollte, so möchte man fragen, warum bey einerley schiefen Einfalle alles blaue Licht auf diese Theile so anschlage, daß es gänzlich zurückgeworfen wird, das rothe Licht hingegen Oeffnungen genug antreffe, um in grosser Menge hindurchgelassen zu werden. Viertens ist an dem Orte, wo sich zwey Gläser berühren, keine merkliche Zurückwerfung, wie wir oben bemerkt haben, und dennoch kann man keine Ursache angeben, warum die Lichtstrahlen nicht eben so wohl an den Glastheilen anstossen, wenn sie ein anderes Glas berühren, als wenn sie von Luft begrenzt werden. Fünftens, wenn der oberste Theil einer Seifenblase wegen der beständigen Senkung und Ausdünstung des Wassers sehr dünne wird; so wird daselbst eine so geringe und ganz unmerkliche Menge Licht zurückgeworfen, daß er dunkelschwarz erscheinet; dahingegen um den dunklen Fleck, wo das Wasser dicker wird, ist die Zurückwerfung so stark, daß sie das Wasser in einer weissen Farbe darstellt. Es geschiehet aber nicht blos bey der kleinsten Dicke dünner Platten oder Blasen, daß daselbst gar keine Zurückwerfung ist; sondern bey vielen andern

Dicken, die immer grösser werden. Denn die Lichtstrahlen von einerley Farbe werden bey einer Dicke hindurchgelassen und bey einer andern Dicke in einer unbestimmten Anzahl Reihen zurückgeworfen; und dennoch giebt es auf der Oberfläche des dünnen Körpers, wo er eine gewisse Dicke hat, eben so viel Theile, auf welche die Strahlen stossen können, als wo er von einer andern Dicke ist. Sechstens, wenn die Zurückwerfung von den Theilen der zurückwerfenden Körper verursacht würde, so wäre es nicht möglich, daß dünne Platten oder Blasen an einem und demselben Orte die Strahlen einer Farbe zurückwerfen und die Strahlen einer andern durchlassen könnten. Denn es läßt sich nicht denken, daß an einem Orte die Strahlen, welche zum Beyspiele eine blaue Farbe darstellen, das Glück haben sollten auf seine Theile zu stossen, und daß diejenigen, welche roth darstellen, auf die Zwischenräume des Körpers treffen sollten; daß alsdenn an einem andern Orte, wo der Körper entweder etwas dicker oder dünner ist, der blaue Strahl in seine Zwischenräume und der rothe auf seine Theile fallen sollte. Wenn endlich die Lichtstrahlen durch ihr Anstossen an die festen Theile der Körper zurückgeworfen würden, so könnten ihre Zurückwerfungen von polirten Körpern nicht so regelmässig seyn, als sie es würklich sind. Denn man darf sich nicht vorstellen, daß bey dem Schleifen und Poliren des Glases mit Sande, Zinnasche oder Tripel, diese Materien durch Abschleifen und Reiben allen kleinsten Theilen eine so vollkommene Politur geben werden, daß alle ihre Flächen vollkommen eben oder vollkommen kugelförmig wären und alle zusammengenommen so betrachtet werden könnten, als ob sie nur eine Fläche ausmachten. Je kleiner die Theile dieser Materien sind, desto feiner werden die Risse seyn, aus welchen sie beständig das Glas wegnehmen und fortführen, wo es polirt wird; so klein sie aber auch seyn mögen, so können sie doch das Glas auf keine andere Art losreissen, als wenn sie es zerreiben und krazen, und die Erhöhungen wegreissen; poliren heißt dahero nichts mehr, als die Rauhigkeit so sehr ver-

mindern, daß die Unebenheiten und Risse der Oberfläche zu klein sind, um sichtbar zu werden. Wenn dahero das Licht mittelst eines Anschlagens an die festen Theile des Glases zurückgeworfen würde, so müßte es eben so wohl und so unregelmässig von dem sehr polirten als von dem rohen Glase zerstreuet werden. Es ist also noch zu untersuchen übrig, wie Glas, welches mit reibenden Körpern polirt worden ist, das Licht so regelmässig zurückwerfen könne, als es würklich geschiehet. Und diese Aufgabe läßt sich schwerlich anders auflösen, als wenn man annimmt; daß die Zurückwerfung eines Lichtstrahles nicht von einem einzelnen Puncte des zurückwerfenden Körpers, sondern von einer Kraft des Körpers bewürkt werde, welche auf seiner ganzen Oberfläche gleichförmig verbreitet ist, und vermöge welcher er ohne unmittelbare Berührung auf den Lichtstrahl würkt: denn daß die Theile der Körper in einiger Entfernung auf den Lichtstrahl würken, soll nachhero gezeigt werden.

212. Wenn nun das Licht nicht von einem Anschlagen an die festen Theile der Körper, sondern von einer andern Ursache zurückgeworfen wird; so ist es wahrscheinlich, daß nicht alle Lichtstrahlen, welche auf die festen Theile der Körper stossen, zurückgeworfen werden, sondern zum Theil in dem Körper erstickt werden und verlohren gehen. Denn ausserdem müßten wir zwo Arten der Zurückwerfung annehmen. Sollten alle Strahlen zurückgeworfen werden, welche auf die festen Theile eines reinen Wassers oder des Krystalls stossen; so würden diese Körper vielmehr trübe als helle und durchsichtig seyn. Damit die Körper in allen Lagen schwarz aussehen, ist es nöthig, daß viele Strahlen in denselben aufgefangen und zurückgehalten werden, und verlohren gehen; es läßt sich aber schwer begreifen, wie die Strahlen, welche nicht auf ihre Theile stossen, in ihnen aufgehalten und erstickt werden können.

Die Körper brechen und werfen das Licht mittelst einer und derselben Kraft zurück, die sich unter verschiedenen Umständen verschiedentlich äussert.

Dieses erhellet aus verschiedenen Betrachtungen. Erstlich, weil das Licht, wenn es aus Glas in Luft so schief, als es möglich, gehet, alsdenn gänzlich zurückgeworfen wird, wenn man es noch schiefer einfallen lässet. Denn die Kraft des Glases, welche das Licht so schief, als es möglich war, gebrochen hatte, wird bey einem noch schiefern Einfalle zu stark um einen der Strahlen hindurchzulassen und verursacht also die gänzliche Zurückwerfung. Zweytens; weil das Licht von dünnen Glasscheiben durch viele Stufen, so wie die Dicken der Scheibe in einer arithmetischen Reihe zunehmen, wechselsweise zurückgeworfen und durchgelassen wird. Denn hier bestimmt es die Dicke des Glases, ob diese Kraft, vermöge welcher das Glas auf das Licht würkt, dasselbe zurückwerfen oder durchlassen soll. Und drittens, weil die Flächen derjenigen durchsichtigen Körper, welche die größte brechende Kraft haben, auch die größte Menge Licht zurückwerfen, wie in dem ersten Saze dieses Kapitels gezeigt worden ist.

213. (Aus diesen Gründen zweifelt der Ritter Newton, daß das Licht auf die Weise zurückgeworfen werde, indem es auf die Theile der Körper stößt; sondern daß es von einer andern Ursache oder Kraft bewürkt werde, und glaubt, daß diese Kraft, vermöge welcher das Licht zurückgeworfen und gebrochen wird, eine zurücktreibende und anziehende Eigenschaft habe. Jedoch gestehet derselbe, daß er nicht vermögend sey, zu erklären, auf was für eine Art die Natur eigentlich zu Werke gehe. Dieses Geständniß des grossen Mannes giebt uns einen Beweis von der Schwierigkeit des Gegenstandes, welche zwar von der grossen Aehnlichkeit des Lichtes mit dem Schalle vermindert, aber nicht völlig gehoben zu werden scheinet. Zu diesem Ende glaube ich die nähere Erklärung des berühmten Eulers beyfügen zu müssen.

Nach dessen Theorie sind die Körper nur deswegen durchsichtig, weil sie Aether enthalten und mit demselben vermischt sind, daß die Bewegungen, die durch das Licht darinnen hervorgebracht werden, sich mittheilen und fort-

pflanzen können; der Durchgang ist aber niemals so frey, wie in dem reinen Aether selbst. Wenn nun ein Lichtcylinder durch ein Wesen schief fortgehet, dessen Dichtigkeit und Elasticität von dem Aether in so fern unterschieden ist, daß die Geschwindigkeit der Schläge geschwächt wird; so werden die Lichtstrahlen auf der einen Seite des Cylinders die Fläche des elastischen Wesens eher berühren als die Lichtstrahlen auf der andern Seite, und die ersten werden in das elastische Wesen schon eine kleine Weite hineingedrungen seyn, ehe die andern auf die Fläche ankommen, auch in demselben langsamer gehen, als die, welche nach aussen in dem Aether sind. Es wird dahero die lezte Welle über der Oberfläche mit denenjenigen nicht mehr parallel bleiben, die schon in das elastische Wesen eingedrungen sind, woraus eine Brechung nach dem Einfallslothe entstehet. Die Richtung der Lichtstrahlen also in dem elastischen Wesen gebrochen, und wird gegen die Richtung, welche dieselben vor ihrem Eingang in dieses elastische Wesen hatten, so liegen, daß der Sinus des Einfallswinkels sich zum Sinus des Brechungswinkels verhalte, wie die Geschwindigkeit der Schläge vor dem Einfalle zu ihrer Geschwindigkeit nach dem Eingange in das brechende Wesen.

Diese Schläge in dem brechenden Wesen sind in so fern alle gleich geschwinde, als die folgenden von den vorhergehenden nicht gestöret werden. Wenn sich aber die folgenden äussern ehe die Würksamkeit der vorhergehenden aufgehöret hat, so fällt dieses weg; daß es also ausser der Natur der Brechungsmittel bey der Brechung auf die Geschwindigkeit ankommt, mit welcher ein Schlag auf den andern folgt, und daß solche Schläge, welche mit verschiedenen Geschwindigkeiten auf einander folgen oder Strahlen von verschiedener Farbe verschiedentlich gebrochen und zerstreuet werden müssen. Wenn nun der Einfallswinkel so beschaffen ist, daß der Winkel, welchen der gebrochene Strahl mit dem Einfallslothe macht, nach Beschaffenheit der Brechungsmittel mehr als 90 Grade halten müßte; so ist offenbar, daß die Strahlen nicht durch die Fläche gehen

können, sondern von ihr zurückgeworfen werden müssen. Da aber die Strahlen, welche aus Glas in Luft fahren, wegen der grössern Verschiedenheit der Mittel mehr von dem Einfallslothe abgebrochen werden, als wenn sie aus Glas in Wasser fahren; so erhellet, wie ein sehr schief eingefallener Lichtstrahl, der aus Glas in Luft gehet, zurückgeworfen werden könne, welcher unter demselben Einfallswinkel, wenn er aus Glas in Wasser fährt, hindurchgehet, und wie der blaue Lichtstrahl wegen seiner stärkern Brechbarkeit zurückgeworfen werden könne, da unter demselben Einfallswinkel der rothe Strahl hindurchgehet.

Es hängt also diese Zurückwerfung eben so wie die Brechung von dem verschiedenen Brechungsvermögen der Mittel und der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen ab, und ist eine so genaue Folge des beständigen Verhältnisses der Brechung, daß sie nicht mit derjenigen Zurückwerfung verwechselt werden kann, welche bey den blos zurückwerfenden Körpern, wo keine Brechung statt findet, oder bey den Metallspiegeln geschiehet. Diese Zurückwerfung richtet sich, ohne daß man die Verschiedenheit der Spiegelmassen, in so fern sich nicht die Politur ändert, in Betrachtung zu ziehen hat, allezeit nach eben demselben Geseze, nach welchem ein federharter Körper von einer Fläche, auf die er fällt, zurückspringt. L.)

Zehendes Kapitel.

Von der Beugung der Lichtstrahlen, welche bey Körpern vorbeygehen.

214. Wenn man einen Sonnenstrahl durch eine sehr kleine Oeffnung in eine finstere Kammer fallen lässet; so wird man bemerken, daß der Schatten der Dinge in diesem Lichte grösser sey, als er seyn müßte, wenn die Lichtstrahlen bey dem Körper in geraden Linien vorbeygängen, und daß diese Schatten drey parallele farbigte Fransen, Bänder oder Streifen haben, welche ihnen angrenzen. Die vorzüglichsten Umstände dieser Erscheinung sind folgende.

Wenn ein Sonnenstrahl durch eine Oeffnung, deren Weite $\frac{1}{42}$ eines Zolles oder beynahe beträgt, in eine verdunkelte Kammer gelassen wird, so erscheinen die Schatten eines Haares, Drathes, Strohhalmes und anderer schwacher Körper beträchtlich breiter, als sie seyn würden, wenn das Licht bey ihnen in geraden Linien vorbeygänge. Denn, zum Beyspiele, ein Haar, welches $\frac{1}{280}$ Zoll dick war, warf in diesem Lichte in einer Entfernung von ohngefähr zwölf Fuß von der Oeffnung einen Schatten, der bey 4 Zoll Entfernung von dem Haare $\frac{1}{60}$ Zoll breit, das ist, über viermal breiter als das Haar war; und in zehen Fuß Entfernung war er $\frac{1}{8}$ Zoll breit, das ist, fünf und dreyßigmal breiter.

Dieser Erfolg verändert sich auch nicht, wenn sich die Dichtigkeit des an dem Haare liegenden Mittels verändert; denn der Schatten war unter gleichen Umständen eben so groß, es mochte in der freyen Luft oder zwischen zwo naß gemachten Glastafeln eingeschlossen seyn, wenn man dahin sahe, daß der Strahl bey seinem Einfalle und Ausgange auf den Tafeln senkrecht war. Risse auf der Oberfläche oder Winden in einem polirten Glase werfen ebenfalls dergleichen breiten Schatten. Es muß dahero die grosse Breite dieser Schatten von einer andern Ursache hergeleitet werden, als die gewöhnliche Brechung, welche aus einer Würkung des umgebenden Mittels erklärt werden dürfte.

Es stelle der Kreis X (fig. 66) den Querschnitt eines Haares vor; ADG, BEH, CFI sind drey Strahlen, welche an der einen Seite des Haares in verschiedenen Abständen weggehen; KNQ, LOR, MPS drey andere Strahlen, die in denselben Abständen bey dem Haare auf der andern Seite vorbeygehen; D, E, F und N, O, P die Oerter, wo die Strahlen während ihres Vorbeygehens neben dem Haare gebogen werden; G, H, I und Q, R, S die Oerter, wo die Strahlen auf das Papier GQ fallen; IS die Breite, des von dem Haare auf das Papier geworfenen Schattens; und TI, VS zwo Strahlen, welche in die Puncte I und S fallen, ohne einige Beugung von dem Haare erhalten zu

haben. So ist offenbar, daß alle Strahlen zwischen TI und VS im Vorbeygehen bey dem Haare gebogen und ausserhalb des Schattens IS fallen werden; weil ausserdem, wenn ein Theil von dem Lichte nicht gebogen würde, dasselbe in den Schatten fallen und daselbst das Papier erleuchten müßte, welches der Erfahrung entgegen ist. Weil nun, wenn das Papier sehr weit von dem Haare entfernet ist, der Schatten breit ist und die Strahlen TI und VS sehr weit von einander entfernet sind; so folgt, daß das Haar auf die Lichtstrahlen bey ihrem Vorbeygehen in einer beträchtlichen Entfernung würke. Weil aber der Schatten des Haares viel breiter ist im Verhältnisse der Entfernung des Papiers von dem Haare, wenn das Papier dem Haare näher ist, als wenn es sich in einer grössern Entfernung von demselben befindet; so erhellet, daß die Würkung auf diejenigen Strahlen stärker sey, welche in kleinern Abständen vorbeygehen, und nach und nach schwächer werde, so wie die Strahlen in grössern Abständen vorbeygehen; wie es die Zeichnung darstellt.

215. Die Schatten aller Körper in diesem Lichte sind mit drey parallelen Fransen oder Bändern farbigten Lichtes umgeben, worunter das an dem Schatten grenzende Band das breiteste und das hellste, das entfernteste aber das schmalste und so undeutlich ist, daß man es kaum erkennen kann. Wenn das Licht von einem Papier oder von einem andern ebenen weissen Körper sehr schief aufgefangen wird; so können die Farben in folgender Ordnung deutlich unterschieden werden, nämlich: das erste oder innerste Band ist bey dem Schatten violet und dunkelblau, in der Mitte hellblau, grün und gelb und auswärts roth. Das andere Band ist mit dem ersten und das dritte mit dem andern beynahe in Berührung; beyde sind nach innen zu blau und auswärts gelb und roth, jedoch sind ihre Farben sehr schwach, besonders die Farben des dritten Bandes. Die Farben sind daher von dem Schatten angerechnet violet, indigblau, blaßblau, grün, gelb, roth; blau, gelb, roth; blaßblau, blaßgelb und roth.

216. Wenn ein stärkerer Lichtcylinder in eine dunkle Kammer gelassen wird und ein Theil davon auf die Klinge eines scharfen Messers fällt, welche die Richtung des Cylinders unter rechten Winkeln durchschneidet, indem der andere Theil bey der Messerschneide vorbeygehet und von einem Papiere in der Entfernung von ohngefähr drey Fuß aufgefangen wird; so wird dieses leztere Licht zween schwache Lichtstreifen, die den Kometenschweifen einigermaaßen ähnlich sind, zu beyden Seiten in den Schatten werfen oder aussenden. Da diese Streifen sehr schwach sind, so werden sie von den geraden Lichtstrahlen des ursprünglichen Lichtes so sehr verdunkelt, daß man um sie mit einiger Deutlichkeit zu sehen genöthiget ist, diese geraden Strahlen durch eine Oeffnung in dem Papier auf ein Stück schwarzes Tuch fallen zu lassen. Das Licht der Streifen wird alsdenn auf dem Papiere in sechs oder acht Zoll Entfernung von dem Lichte des geraden Sonnenstrahles auf jeder Seite sichtbar, und bey allen zunehmenden Entfernungen von dem geradlinigten Lichte nimmt es stufenweise ab, bis es unsichtbar wird.

Wenn zwo Messerklingen mit geraden Schneiden in einem Rahmen so befestiget oder gesteckt werden, daß beyde in einerley Ebene, mit ihren Schneiden gegeneinander und parallel gestellt werden können und eine Klinge gegen die andere oder von der andern mittelst einer Schraube so bewegt werden kann, daß sie allezeit in einer parallelen Lage bleiben; so wird ein Lichtcylinder, den man zwischen ihren Schneiden durchfallen lässet, folgende Erscheinungen geben: Wenn die Klingen weit von einander stehen und also der durchfallende Lichtstrahl breit ist; so sind die Lichtstreifen, welche zu beyden Seiten in den Schatten geworfen werden, aus der vorhin angegebenen Ursache kaum sichtbar und die Ränder der Schatten haben keine farbigten Bänder, da sie so breit werden, daß sie in einander laufen und da, wo sie zusammenfallen, ein fortgesextes Licht oder eine weisse Farbe bey dem Anfange der Lichtstreifen bilden. So wie man die Klingen näher aneinander

bringt, so erscheinen die farbigten Bänder an dem Rande eines jeden Schattens und werden deutlicher und breiter bis sie verschwinden, welches geschiehet, wenn die Schneiden etwas weiter als um $\frac{1}{400}$ Zoll von einander abstehen. Nachdem die Bänder verschwunden sind, wird die Lichtlinie, welche sich in der Mitte zwischen denselben befand, sehr erweitert und breitet sich zu beyden Seiten in die oben erwähnten Lichtstreifen aus; und wenn die Klingen um $\frac{1}{400}$ Zoll von einander abstehen, trennen sich in der Mitte die Lichttheile und lassen zwischen beyden Theilen einen Schatten. Kommen aber die Klingen noch näher an einander, so wird der Schatten breiter und die Lichtstreifen verkürzen sich an ihren innern Enden, welche den Schatten berühren; bis endlich das ganze Licht, wenn die Schneiden in Berührung kommen, verschwindet und dessen Stelle von dem Schatten eingenommen wird.

217. Aus diesen und andern dahin abzielenden Versuchen hat man Ursache folgendes zu vermuthen: Daß alle Körper auf die Lichttheilchen würken, sie bey einer gewissen Entfernung anziehen und bey grössern Entfernungen abstossen; denn von den beyden den Kometenschweifen ähnlichen Streifen scheinet der eine von einer anziehenden Kraft, welche das Licht in den Schatten der Messerklinge ausschickte, und der andere von einem Abstossen, wodurch er in die entgegengesezte Lage oder Gegend abgelenkt wurde, hervorgebracht worden zu seyn.

Daß diese Würkungen grösser sind gegen die Strahlen, welche bey dem Körper näher vorbeygehen, als gegen diejenigen, welche in grössern Entfernungen vorbeygehen; folglich müssen die Strahlen, welche vor ihrer Ankunft parallel waren und in der Nähe des Körpers verschiedentlich abgelenkt wurden, nach ihrem Durchgange von einander divergiren; und bey der Grenze oder in der Entfernung, wo die Anziehung aufhört und das Abstossen anfängt, muß es einen Ort geben, wo die durchgehenden Strahlen von der Würkung des Körpers sehr wenig leiden und eben

so, wie vor ihrer Ankunft bey dem Körper, parallel fortgehen *).

Daß diese Grenze oder Entfernung bey Strahlen von verschiedener Farbe verschieden seyn und die Erscheinung der Fransen verursachen könne; denn wenn die Grenze bey den violeten Strahlen näher, als bey den rothen ist; so werden die parallelen Strahlen der violeten Farbe eine Franse bilden, welche dem Schatten des Körpers näher seyn muß, als die, welche von den parallelen Strahlen des rothen Lichtes gebildet wird, und eben so werden die mittlern Fransen von den mittlern Farben gebildet werden. Man muß jedoch bekennen, daß sich aus dieser Voraussezung die Wiederholung derselben Farbe unter verschiedenen Entfernungen nicht erklären lasse.

Daß die Lichtstrahlen nicht alle auf einmal gebrochen oder zurückgeworfen werden, sondern bey der Brechung von der Würkung des Körpers nach und nach in eine krumme Linie gebogen werden, daß sie in seine Fläche mehr senkrecht einfallen, als sie es ausserdem gethan haben würden. Und daß bey der Zurückwerfung die abstossende Kraft, welche nach senkrechter Richtung von dem Körper würkt, die Bewegung der Strahlen nicht auf einmal hemme, sondern sie in einer krummen Linie rückwärts beuge. Wenn diese abstossende Kraft denjenigen Theil der Bewegung des Strahles, welcher gegen den Körper senkrecht gerichtet war, aufgehoben hat, so muß sie den Strahl unter einem

*) Der Herr von Mairan hat sich bemühet, diese Inflexion und Diffraction aus einem um den Körpern befindlichen sehr feinen Dunstkreise zu erklären. Herr Marat in seinen hierüber angestellten Versuchen, die er unter dem Titel Découvertes sur la lumiere constatées par une suite d'experiences nouvelles, 1780. bekannt gemacht hat, giebt nicht zu, daß ein Abstossen statt finde; denn die Vergrösserung des Schattens kleiner Körper komme blos daher, weil die an der Oberfläche abgelenkten Strahlen sich kreuzten und so divergirend auf die Wand fielen. Einen Auszug aus dieser Schrift findet man in dem Lichtenbergischen Magazin aus der Physik und Naturgeschichte. I. B. I. St. p. 20 fg. L.

eben so grossen Winkel und Grade der Geschwindigkeit an der entgegengesezten Seite der in dem Einfallspuncte oder dem Scheitel der krummen Linie errichteten senkrechten Linie zurückwerfen. Dieses erhellet aus dem, was wir bereits von der Zusammensezung und Zergliederung der Bewegung gesagt haben, und läßt sich sehr wohl erläutern, wenn man sich vorstellt, daß ein von der Erde schief in die Höhe geworfener Körper von einer eingebildeten horizontalen in der Krümmung seiner Bahn befindlichen Ebene zurückgetrieben werde, welches würklich einer anziehenden Kraft der Erde gemäß ist; denn der aufsteigende oder senkrechte Theil der Bewegung wird von der unaufhörlich würkenden Kraft nach und nach aufgehoben, und eine neue ähnliche und gleiche Bewegung nach der entgegengesezten Richtung erzeugt, vermöge welcher der Körper unter demselben Winkel und mit derselben Geschwindigkeit herunterfällt.

218. Weil Würkung und Gegenwürkung gleich sind, so müssen die Lichttheilchen, indem sie von den angrenzenden Theilen der Körper angezogen oder abgestossen werden, auch auf diese Theile zurückwürken. Diese Zurückwürkung kann diejenige zitternde oder schwingende Bewegung verursachen, worinn die Eigenschaft der Hize wahrscheinlich bestehet.

Wenn man annimmt, daß die anziehenden Kräfte der Körper auf die Lichttheile nach dem Verhältnisse der Massen der Theile würken, so werden die Lichtstrahlen durchgängig gleich gebrochen werden, so verschieden auch deren Massen sind, wenn nur ihre Geschwindigkeiten gleich sind. Wenn man dieses Gesez der Anziehung annimmt, und die Geschwindigkeiten der Theile verschieden sind; so werden die, welche sich mit weniger Geschwindigkeit bewegen, brechbarer seyn als die, welche sich mit grösserer Geschwindigkeit bewegen. Die Verschiedenheit in der Brechbarkeit der Lichtstrahlen muß dahero entweder von den verschiedenen Geschwindigkeiten der Theile selbst oder von einer Würkung der Körper auf die Theile, welche nach dem Verhält-

nisse ihrer Massen auf einige stärker als auf andere ist, herkommen. Wären die verschiedenen Geschwindigkeiten die Ursache der verschiedenen Brechbarkeit des Lichtes, so müßten die Jupitersmonde nachdem sie verfinstert gewesen mit verschiedenen Farben nach der Ordnung erleuchtet werden, so wie es die Geschwindigkeiten ihrer zugehörigen Strahlen erfodern, mit welchen sie in das Auge des Beobachters ankommen: und indem das Licht bey der Brechung in die ursprünglichen Farben zerstreuet wird, müßte die Grösse dieser Zerstreuung sich in allen Fällen nach dem Geseze der mittlern Brechung des ganzen Strahles richten; beydes ist aber der Erfahrung entgegen. Hieraus folgt, daß die Körper zu Hervorbringung der verschiedenen Brechung, welche sich bey dem zertheilten Lichtstrahle ereignet, auf einige Lichttheile stärker, als auf andere nach dem Verhältnisse ihrer Massen würken müssen.

Aus diesen allen kann man billig schlüssen, daß unsere Erkenntniß von den Eigenschaften des Lichtes noch sehr weit von der Vollkommenheit entfernet sey. Die Zurückwerfung, Brechung, Einbeugung und die Farben können nicht bloße Eigenschaften oder Zufälle seyn, denen sie unterworfen sind; und diese lassen sich nicht wohl denken. Der erste unter den Philosophen, Herr Isaac Newton, dessen Entdeckungen diesen neuern Zeiten zur Ehre und zum Ruhme gereichen, hat diesen Gegenstand unvollendet gelassen; und ob sich gleich verschiedene einsichtsvolle Männer darauf eingelassen haben, so ist doch seit der Zeit nichts von Erheblichkeit gethan worden. Wir empfehlen dahero dem Leser, welcher von den in diesem Abschnitte abgehandelten Gegenständen genauere und ausführliche Nachricht zu erhalten wünscht, die Optik des Herrn Isaac Newton *).

*) Die Newtonische Theorie von Licht und Farben kann man sehr ausführlich in Martins Lehrbegriff der Newtonischen Weltweisheit in der Uebersezung nachlesen. L.

Zweeter Abschnitt.

Von der Optik.

Erstes Kapitel.

Von der Zurückwerfung und Brechung des Lichtes durch regelmässig gebildete Flächen.

219. Viele Jahrhunderte hindurch bestand das Wissenschaftliche der Optik lediglich in Folgerungen, die aus den in dem dritten Kapitel des ersten Abschnittes dieses Theiles zum Grunde gelegten Säzen hergeleitet wurden; da man die zusammengesezte Beschaffenheit des Lichtes noch nicht vermuthete. Ob nun gleich dieses eines der vorzüglichsten Hindernisse in Vervollkommung der grossen und genauen Werkzeuge der neuern Zeiten ist; so können wir doch einen weißen Lichtstrahl, nach dem gemeinen Sprachgebrauche zu reden, wenn er gebrochen wird, so betrachten, als ob er immer noch weiß wäre: da die Farben des Bildes, in welches er sich ausbreitet, unter einem beynahe senkrechten Einfalle einander so nahe sind, daß sie die Empfindung einer weißen Farbe erregen, die sehr wenig von der weißen Farbe des einfallenden Strahles verschieden ist.

Daß die Körper blos mittelst des Lichtes sichtbar sind, welches sie aussenden oder zurückwerfen ist zu bekannt, als daß man einen Beweis nöthig hätte; und daß jeder Punct einer erleuchteten Fläche nach allen Richtungen Lichtstrahlen ausschickt, erhellet aus der Sichtbarkeit der Fläche unter einer jeden willkührlichen Lage des Auges: denn wenn ein Theil oder ein sichtbarer Punct der Fläche nach einer angenommenen oder gegebenen Richtung kein Licht ausschickte, so müßte dieser Punct einem dahin gestellten Auge unsichtbar seyn. Dieses geschiehet aber niemals.

220. Die Strahlen, welche von einem Puncte ausgehen, divergiren allezeit; wenn sie aber auf eine zurückwerfende oder brechende Fläche fallen, so werden sie ver-

schiedentlich nach solchen Richtungen abgewendet, so wie es die Beschaffenheit der Fläche erfodert. Wenn die Fläche ordentlich gebildet ist, so werden sie nach der Zurückwerfung oder Brechung entweder von einem andern Puncte divergiren oder parallel fortgehen oder in einen Punct convergiren.

Wenn man die Lichtstrahlen betrachtet, welche von einem Puncte ausfahren, so heißt dieser Punct der **leuchtende Punct**; betrachtet man die Lichtstrahlen, die sich in einem Puncte vereinigen, so heißt dieser Punct der **Vereinigungspunct** (und wenn sie parallel eingefallen sind der **Brennpunct**; der Abstand dieser Puncte aber von der zurückwerfenden oder brechenden Fläche die **Vereinigungsweite** und **Brennweite**, L.); siehet man auf die Lichtstrahlen, welche von einer ganzen Fläche oder einem Gegenstande ausfahren, so heißt der Bündel oder die Menge Strahlen, welche von allen Puncten ausgeschickt werden, oder so viel als man gebraucht, ein **Strahlenpinsel** (**Strahlencylinder**).

221. Weil ein Strahlenpinsel, der von allen gegebenen Puncten eines Raumes ausgeschickt wird, das Mittel ist, wodurch das Gesicht uns überzeugt, daß ein Körper oder eine Materie sich an dem Orte befinde; so erhellet, daß wir in dieser Rücksicht Irrthümern unterworfen sind: denn wenn ein Strahlenpinsel entweder von einer Zurückwerfung oder Brechung so verändert wird, daß er mit abgeänderter Neigung oder Richtung, das heißt, auf eben die Art fortgehet, als wenn er von einem andern Puncte des Raumes ausgeschickt worden wäre, so wird unser Gesicht den Ort des Gegenstandes in dem Puncte suchen, welcher in der Richtung der lezten Bahn des Strahles liegt.

Wenn daher MR (fig. 67) den Durchschnitt eines ebenen Spiegels vorstellt und OB ein Gegenstand ist, so werden die Strahlenpinsel OC und BD bey C und D zurückgeworfen werden und eben so in das Auge bey E fallen, als wenn sie von den Puncten I und M ausgeschickt worden wären; da sich nun eben dieses mit den Strahlenpinseln er-

eignet, welche von den zwischen O und B befindlichen mittlern Puncten ausgeschickt werden, so wird man den Gegenstand in IM sehen. Eben dieses ereignet sich bey der Brechung, wie aus Betrachtung der 56 Figur erhellet.

222. Wenn ein Strahlenpinsel zum Convergiren gebracht worden ist, daß sie sich in einem Puncte vereinigen und durchschneiden, so werden sie alsdenn divergiren, und das Auge wird den Ort des leuchtenden Punctes oder Gegenstandes in den Vereinigungspuncte der convergirenden Strahlen versezen, aus welchem sie zulezt ausgiengen; wie aber eine jede Art von Strahlen entweder durch Zurückwerfung oder Brechung convergent werden können, läßt sich leicht zeigen.

Es sey R (fig. 68) ein Punct eines erleuchteten oder leuchtenden Gegenstandes, welcher einen Pinsel von sieben Lichtstrahlen RA, RB, RC, RD, RE, RF, RG ausschickt; der Strahl RA werde von einem Spiegel aufgefangen, der so gestellt ist, daß er ihn durch den Punct S zurückwirft, ein anderer Spiegel sey so gestellt, daß er RB auffange und auch durch S zurückwerfe, und auf eben die Art lasse man die übrigen Strahlen durch diesen Punct zurückwerfen: so wird der Punct S ein leuchtender Punct mittelst der divergirenden Strahlen werden und eben dieselbe Empfindung hervorbringen, als ob die Strahlen von einem daselbst befindlichen Körper würklich ausgeschickt würden. Wenn man annimmt, daß die Spiegel einander berühren, so bilden sie ein Stück eines Vielecks. Sezt man nun, daß die Anzahl Strahlen, an statt sieben, unendlich groß sey; so muß die hierzu eingerichtete zurückwerfende Fläche AG vermöge der unendlichen Menge Seiten, anstatt ein Vieleck zu seyn, eine krumme Linie werden. Dieselben Schlüsse lassen sich auf Strahlen anwenden, welche, anstatt aus einem Puncte auszugehen oder zu divergiren, entweder gegen einen Punct geneigt oder unter einander parallel einfallen. Es lassen sich dahero Flächen verfertigen, welche die Lichtstrahlen in einen Vereinigungspunct zurückwerfen müssen,

die vermöge des Divergirens oder Convergirens gegen einen gewissen Punct gerichtet sind.

Nach diesen Grundsäzen werden die Spiegel verfertigt, welche verursachen, daß die Strahlen nach der Zurückwerfung aus einem gegebenen Puncte hinter der brechenden Fläche divergiren. Diese Spiegel, welche die Strahlen zerstreuen, werden insgemein **conver** (erhaben), und die, welche sie sammlen, insgemein **concav** (hohl) seyn, wie leicht einzusehen ist.

223. Von dem berühmten Archimed sagt man, daß er bey der Belagerung von Syracus die Schiffe des Marcellus mit einer aus Spiegeln zusammengesezten Maschine zerstört habe. Da ein ebener Spiegel nach der Theorie alles Licht, was auf ihn fällt, mit denselben Eigenschaften, als es eingefallen ist, zurückwirft; so werden die Sonnenstrahlen, die wegen der sehr grossen Entfernung des Gegenstandes, von welchem sie herkommen, als parallel betrachtet werden können, unter einander parallel zurückgeworfen, und werden dahero einen Körper, auf den sie nach der Zurückwerfung fallen, eben so erwärmen und erleuchten, als wenn der Sonnenschein auf sie geradlinigt gefallen wäre. Zween Spiegel, welche das Sonnenlicht auf denselben Gegenstand werfen, werden ihn noch einmal so stark erhizen, als das geradlinigte Sonnenlicht. Drey Spiegel werden ihn unter gleichen Umständen dreymal so viel erhizen; und durch Vermehrung der Spiegel kann ein erstaunlicher Grad der Hize hervorgebracht werden, der vollkommen zureichend ist, jeden unverbrennlichen Körper zu zerstören und zu vernichten.

Wir sagten, nach der Theorie werfe ein ebener Spiegel alles Licht zurück, was auf ihn gefallen ist; allein in der Ausübung gehet fast die Hälfte des Lichtes wegen der Mängel in der Politur unt wegen Dunkelheit der Masse des Spiegels verlohren, wodurch ein beträchtlicher Theil des Lichtes nach aller Richtungen zerstreuet, und ein anderer Theil von dem Körper eingeschluckt wird. Der unermüdete Büffon war im Jahr 1747 der erste unter den

Neuern, der eine Maschine dieser Art zum Brennen zusammengesezt hat. Sie bestand aus 168 Gläsern oder Spiegeln, jeder 8 Zoll lang und 6 Zoll breit, die so angebracht waren, daß sowohl die Brennweite, als die Anzahl Spiegel so, wie es die Umstände erfoderten, verändert werden konnte. Im März 1747 zündete er mit 40 Spiegeln in einer Entfernung von 70 Fuß ein Brett an.

224. Wenn eine Menge Strahlen, die entweder parallel fortgehen oder in Beziehung auf einen gegebenen Punct entweder convergiren oder divergiren, auf die gemeinschaftliche Fläche zweyer Mittel von verschiedenen Brechungsvermögen fallen; so können die Strahlen bey einer gehörigen Einrichtung der Fläche so gebrochen werden, daß sie entweder parallel fortgehen oder in Ansehung eines andern Punctes convergiren oder divergiren.

Es stelle die vieleckigte Fläche ABCDEFG (fig. 69) die zwischen zwey Mitteln liegende Fläche vor, wo das dünnere Mittel auf der Seite gegen R und das dichtere gegen S sich befindet, und es falle von einem aus sieben Strahlen RA, RB, RC, RD, RE, RF, RG zusammengesezten Lichtpinsel ein jeder Strahl auf eine andere Fläche, wie die Figur zeigt. Der Strahl RA werde von der Fläche in A unter dem Einfallswinkel aufgenommen, welcher einem Brechungswinkel zukömmt, der den Strahl in den Punct S bringt; und der Strahl RB werde weniger schief oder unter einem kleinern Einfallswinkel aufgefangen; so ist auch der Brechungswinkel kleiner und der Strahl wird durch S gehen. Sind nun die Flächen in C, D u. s. w. auf eben die Art eingerichtet, so werden die andern Strahlen nach eben denselben Punct gebrochen werden. Oder wenn man S als den leuchtenden Punct annimmt und die Mittel eben dieselben bleiben, so wird der Vereinigungspunct in R seyn. Es erhellet dahero hieraus, daß Strahlen, welche aus einem dünnern Mittel in ein dichteres gehen, von einer erhabenen Fläche mehr convergent werden und Strahlen, die aus einem dichtern Mittel in ein dünneres gehen, von einer hohlen Fläche ebenfalls mehr con-

vergent werden; und so umgewendet. Es enthalte der Lichtpinsel eine unendliche Anzahl Strahlen; so wird die vieleckigte Fläche, welche so eingerichtet ist, daß sie in einen Punct gebrochen werden, wegen der unendlichen Anzahl Flächen eine Kugelfläche werden. Eben dieses läßt sich auf Strahlen anwenden, welche entweder convergent oder parallel auf die brechende Fläche fallen. Man kann also eine zwischen zwey Mitteln liegende Fläche so einrichten; daß die Strahlen entweder in einen Vereinigungspunct, oder parallel oder divergent gebrochen werden, welche entweder parallel oder convergent oder divergent eingefallen waren.

Aus diesen zum Grunde gelegten Gesezen der Zurückwerfung und Brechung ist es leicht, die Beschaffenheit der krummen Linie zu bestimmen, nach welcher die oben erwähnten Flächen gebildet werden müssen, welche nach Erfoderniß der Umstände entweder eine Ellipse oder Parabel oder Hyperbel seyn kann. Da aber die Fehler, welche von der Kugelgestalt entspringen, sehr klein sind und durch andere Mittel weggeschafft werden können, auch die mechanische Bearbeitung nach obigen krummen Linien sehr schwer ist, so werden diese Theile optischer Werkzeuge gemeiniglich nach der Kugelgestalt gearbeitet.

Zweytes Kapitel.

Von der Dioptrik oder regelmässigen Brechung des Lichtes.

225. Da das Glas ein dichteres und stärker brechendes Mittel als die Luft ist, so gebraucht man es zu den optischen Werkzeugen, deren Einrichtung sich nach dem Geseze der Brechung richtet. Ein Stück Glas, das zu dieser Absicht gehörig eingerichtet ist, heißt eine **Linse**, und wird nach Beschaffenheit der Flächen verschiedentlich eingetheilet; so ist A (fig. 70) **Planconvex**, B **Convexconvex**, C **Planconcav**, D **Concavconcav** und E **Concavconvex** (wenn der Halbmesser der erhabenen Seite

gröſſer als der hohlen ist; und ein **Meniskus**, wenn der Halbmesser der erhabenen Seite kleiner als der hohlen ist. L.)

226. Die zwo ersten Linsen A und B kommen in ihren Eigenschaften sehr nahe überein; denn sie brechen die convergirenden oder parallelen Strahlen gegen einen Punct oder gegen den Vereinigungspunct und die divergirenden Strahlen brechen sie so, daß sie entweder in einen Vereinigungspunct zusammenkommen oder weniger, als vorhero, divergiren (oder parallel ausfahren L.). Wenn AB (fig. 71) eine converconvexe Linse und R ein leuchtender Punct ist; so werden die Strahlen, welche auf die Linse fallen, nach F gebrochen werden, wenn die Linse die erfoderliche convexe Gestalt hat. Die zwo folgenden Linsen C und D (fig. 70) sind in Ansehung ihrer Eigenschaften von einerley Art; denn die einfallenden Strahlen werden bey ihnen mehr divergent, als vorhero, und verursachen also, daß divergirende oder parallele Strahlen von einem eingebildeten Vereinigungspuncte divergiren, und daß convergirende Strahlen so gebrochen werden, daß sie entweder von einem eingebildeten oder dem geometrischen Vereinigungspuncte divergiren, oder weniger als vorhero convergiren (oder parallel ausgehen L.). Wenn AB (fig. 72) eine concavconcave Linse und R ein leuchtender Punct ist; so werden die auf die Linse fallenden Strahlen mehr divergiren und so ausfahren, als wenn sie von dem Puncte F, welcher der **geometrische Vereinigungspunct** (oder der **geometrische Brennpunct**, focus virtualis, **Zerstreuungspunct**, bey parallel einfallenden Strahlen L.) genennet wird, ausgefahren wären. Die fünfte Linse E ist von eben der Art wie A und B, wenn die convexe Fläche tiefer oder ein Abschnitt einer kleinern Kugel als die concave Fläche ist; wenn aber die concave Fläche am tiefsten ist, so hat sie eben die Eigenschaften wie C und D.

Bey den vier ersten Linsen werden die Strahlen desto mehr von ihrer Richtung abgelenkt, je mehr die Flächen gekrümmt sind; bey der lezten aber ist die Ablenkung desto

beträchtlicher, je mehr die Krümmungen beyder Flächen von einander verschieden sind.

227. Die gerade Linie RF (fig. 71), welche durch den Mittelpunct einer Linse gehet und auf ihren beyden Flächen senkrecht stehet, heißt die Axe der Linse. Der Vereinigungspunct der Strahlen, welche mit der Axe entweder parallel einfallen oder gegen einen Punct in derselben convergiren oder von ihm divergiren, wird in der Axe angetroffen und heißt der würkliche Vereinigungspunct (oder der würkliche Brennpunct, wenn sie parallel eingefallen sind. L.)

Eine gerade Linie, welche von der Spize eines auf eine Linse convergent oder divergent fallenden Strahlenkegels durch den Mittelpunct der Linse gezogen wird, gehet durch den Vereinigungspunct der Strahlen, im Fall die Spize des Strahlenkegels nicht weit von der Axe liegt.

Die Lichtstrahlen, welche von dem Vereinigungspuncte, nachdem sie durch das Glas gegangen sind, ausgehen, werden dem Auge diesen Punct eben so vorstellen, als wenn daselbst ein leuchtender Gegenstand wäre; man kann dahero sagen, der Vereinigungspunct sey das Gemälde oder Bild des leuchtenden Punctes. Und da eine leuchtende Fläche als von einer unendlichen Anzahl leuchtender Puncte zusammengesezt betrachtet werden kann; so wird auch eine eben so grosse Anzahl Vereinigungspuncte erscheinen, und folglich eine Fläche gebildet werden, welche das Bild der leuchtenden Fläche ist. Es sey OB (fig. 73) ein Gegenstand und LN eine converconvexe Linse; aus O und B ziehe man durch den Mittelpunct C die Linien OCI und BCM; so werden sich die Vereinigungspuncte der Puncte O und B bey I und M in diesen Linien befinden und mehr oder weniger von C entfernet seyn, so wie die Krümmung der Glasflächen schwächer oder stärker ist. Die Vereinigungspuncte der leuchtenden Puncte, welche zwischen O und B liegen, wird man nach eben dem Verfahren zwischen den Puncten I und M antreffen. Es wird also daselbst ein dem Gegenstande ähnliches Bild entstehen, bey welchem jeder Punct eben so, wie der würkliche Gegenstand, Lichtstrahlen aus-

schicken wird; und weil sich die Strahlen bey C durchschneiden, so wird es in Ansehung des Gegenstandes eine verkehrte oder entgegengesezte Lage haben, wie aus der Figur erhellet. Da hiernächst die Triangel OCB und ICM einander ähnlich sind; so werden sich die Grössen des Bildes und des Gegenstandes wie ihre Entfernungen von der Linse verhalten: denn es verhält sich die Seite CO, oder die Entfernung des Gegenstandes von der Linse, zur Seite OB, oder der Länge des Gegenstandes; wie die Seite CI, oder die Entfernung des Bildes, zur Seite IM, oder der Länge des Bildes.

Es sey ferner OB (fig. 74) ein Gegenstand und LN eine concavconcave Linse; man ziehe OC und BC; so werden die geometrischen Vereinigungspuncte der Puncte O und B in diesen Linien bey I und M liegen und mehr oder weniger von C entfernet seyn, so wie die Krümmung der Glasflächen schwächer oder stärker ist. Die mittlern Puncte des Gegenstandes werden ihre Vereinigungspuncte zwischen I und M haben, und das Bild wird so wohl als der Gegenstand aufgerichtet seyn. Weil aber die Triangel OCB und ICM einander ähnlich sind, so werden sich die Grössen des Gegenstandes und des Bildes wie ihre Entfernungen von der Linse verhalten.

228. Hieraus läßt sich leicht einsehen, wie convexe Linsen als Brenngläser dienen können. Denn da der Gegenstand und das Bild an dem Mittelpuncte der Linse einerley Winkel abschneiden, und die Sonne unter dem Winkel von ohngefähr einem halben Grade erscheinet, so können wir leicht die Dichtigkeit der Strahlen finden, welche ihr Bild in dem Brennpuncte einer jeden Linse hat. Wenn zum Beyspiele eine Linse von 4 Zoll Breite die Sonnenstrahlen in einem Brennpuncte unter der Brennweite von einem Fusse oder zwölf Zollen sammlet, so wird das Bild nur $\frac{1}{10}$ Zoll breit seyn. Es wird dahero die Fläche dieses kleinen Kreises 1600mal kleiner, als die Fläche der Linse seyn, und folglich muß das Sonnenlicht in diesem Kreise um eben so vielmal dichter werden. Man darf sich dahero

nicht wundern, daß es mit einer Heftigkeit und Hize brennet, welche die Hize eines jeden Küchenfeuers weit übersteigt.

Wenn ein Papier oder ein weißer Körper in den Vereinigungspunct einer converen Linse gehalten wird; so werden alle Vereinigungspuncte von den strahlenden Puncten der Gegenstände, die sich hinter der andern Seite des Glases befinden, eben so viele Puncte auf dem Papiere erleuchten; und da diese erleuchteten Puncte mit den Puncten der Gegenstände selbst in der verhältnißmässigen Lage, Helligkeit und Farbe übereinkommen; so werden sie ein deutliches und vollkommen perspectives Bild darstellen, welches jedoch wegen des Durchkreuzens der Strahlen verkehrt ist. Dieses Bild ist aber kaum zu erkennen, wenn ausser dem Lichte, welches durch das Glas fällt, noch anderes Licht auf das Papier fallen kann; um dieses zu verhüten kann man die Linse in den Fensterladen einer verdunkelten Kammer befestigen, wie wir in der Folge zu bemerken Gelegenheit haben werden.

Drittes Kapitel.

Von dem Auge und dem Sehen.

229. Wenn das ganze Weltgebäude nicht ein so augenscheinlicher Beweis von dem Daseyn eines höchst weisen und gütigen Schöpfers wäre, daß die Anführung anderer Beweise unnöthig wird; so würde der Bau des Auges einen Beweis darbieten, der gewiß keiner von den schwächsten ist; denn es besizt alle die Erfoderniße der vollkommensten optischen Werkzeuge, ohne deren Mängel zu haben. Dieses Beyspiel ist nächst sehr vielen andern ein Beweis, daß die besten Kunstwerke unendlich geringer sind, als diejenigen, welche täglich von der göttlichen Mechanik hervorgebracht werden.

Obgleich die Werkzeuge, mittelst welcher das Auge in den Stand gesezt und erhalten wird, um sich leicht bewegen und gegen den sichtbaren Gegenstand richten zu können,

der Aufmerksamkeit und Bemerkung sehr würdig sind; so wollen wir sie jedoch übergehen, da sie nicht unmittelbar zu Erläuterung der Grundsäze der Optik dienen, und blos den Augapfel oder das Werkzeug betrachten, mit welchem das Sehen geschiehet.

230. Der Augapfel bestehet aus verschiedenen Häuten oder Bedeckungen, eine in der andern, und ist mit durchsichtigen Feuchtigkeiten von verschiedener Brechbarkeit angefüllt. Die äusserste Haut heißt die harte, (sclerotica) und ist an dem vordern Theile des Auges weiß, ausser einer runden Fläche bey der größten Erhabenheit, welche durchsichtig und erhabener ist, als die harte Haut; dieser durchsichtige Theil wird die Hornhaut (cornea) genennt. Unmittelbar an der innern Fläche der harten liegt die aderichte (choroidea), oder die Traubenhaut (uuea), welche an dem Umfange der Hornhaut den Regenbogen (iris) macht, und über den größten Theil ihrer Fläche ausgebreitet ist, ob sie wohl dieselbe nicht berührt. Der Regenbogen bestehet aus zwo Arten Muscularfibern, eine Art davon ist wie die Halbmesser eines Kreises gegen den Mittelpunct gerichtet und die andere bildet eine Menge concentrischer Kreise um denselben Mittelpunct. In der Mitte ist der Regenbogen durchbohrt und diese Oeffnung, welche der Stern (pupilla) genennt wird, ist nicht von beständiger Grösse; denn, wenn man einen sehr hellen Gegenstand ansiehet, ziehen sich die kreisförmigen Fibern zusammen und machen die Oeffnung kleiner, wenn hingegen die Gegenstände wenig erleuchtet oder dunkel sind, so ziehen sich die andern Fibern des Regenbogens zusammen und erweitern den Stern, damit eine grössere Menge Licht in das Auge fallen könne. Der Regenbogen ist bey verschiedenen Leuten von verschiedener Farbe, jedoch nicht nach einer gewissen Regel; gemeiniglich haben Leute, deren Haar und Gesichtsfarbe von lichter Farbe ist, einen blauen oder grauen Regenbogen, und hingegen diejenigen, deren Haar und Gesichtsfarbe dunkel ist, einen dunkelbraunen Regenbogen. Ob aber hierdurch eine besondere Verschiedenheit im Sehen

hervorgebracht werde, oder was es für eine sey, läßt sich nicht entdecken. In der Traubenhaut befindet sich eine andere, welche an dem Umfange der Hornhaut viele Fibern hat, und dieses Band heißt *ligamentum ciliare*. Dieses Band ist an dem Umkreise einer converconveren Linse befestigt, deren Axe durch den Mittelpunct des Sternes geht, und welche mittelst der Fibern um etwas ihre Lage, vielleicht auch ihre Gestalt verändern kann. Diese Linse heißt die **krystallne Feuchtigkeit** (humor crystallinus) und wird von einer sehr festen durchsichtigen Haut, dem **Spinnengewebe** (tunica arachnoidea) eingeschlossen. Zwischen der krystallnen Feuchtigkeit und der Hornhaut befindet sich eine reine durchsichtige Flüssigkeit, welche die **wässerichte Feuchtigkeit** (humor aqueus) genennet wird; und zwischen der krystallnen Feuchtigkeit und dem hintern Theile oder dem Boden des Auges ist eine andere reine durchsichtige Flüssigkeit eingeschlossen, welche die **glasartige Feuchtigkeit** (humor vitreus) heißt. Die Brechbarkeit der krystallnen Feuchtigkeit ist grösser, als bey den Feuchtigkeiten, von welchen sie umgeben ist. Auf der Seite, die der Nase näher ist, gehet ein Nerve (der **Gesichtsnerve**, neruus opticus) in dem Boden eines jeden Auges unter 25 Grad Entfernung von der Axe der krystallnen Feuchtigkeit, welcher sich in dem Auge in eine äusserst feine netzförmige Haut ausbreitet und die **Netzhaut** (tunica retina) heißt. Endlich ist ein sehr schwarzer Schleim oder Saft über alle innern Theile des Auges verbreitet, welcher nicht durchsichtig ist, den vordern Theil des Regenbogens ausgenommen, welcher wie vorhin angemerkt wurde, gefärbt ist.

In der Zeichnung stellen die drey concentrischen Kreise ABC (fig. 75) die Häute des Auges vor. Die äusserste oder harte Haut ist zwischen A und B durchsichtig und erhabener, und AKB ist die Hornhaut. Die andere oder die Traubenhaut ist zwischen D und I auch zwischen G und H fiberartig und heißt daselbst der Regenbogen; die Oeff-

nung IH ist der Stern. Die dritte Haut wird zwischen D und E, auch G und F fiberartig, wo sie das Band (ligamentum ciliare) heißt, und hängt an dem Umfange mit der Linse oder der krystallnen Feuchtigkeit EF zusammen. Die Höle oder der Raum AEFB ist mit der wässerichten Feuchtigkeit und die Höle DNGFE mit der glasartigen Feuchtigkeit angefüllt. Bey N tritt der Gesichtsnerve herein, welcher sich auf der innern Fläche DNG in die Netzhaut ausbreitet.

231. Die Art der Würkung des Auges auf die Lichtstrahlen läßt sich also erklären. Es sey OL ein Gegenstand und ein Lichtpinsel, der von O ausgehet, falle in das Auge; so werden die Strahlen, weil die Hornhaut einer concaven Linse gleicht, deren convexe Seite erhabner ist, bey ihrem Durchgange mehr zusammenlaufen, und werden von der krystallnen Feuchtigkeit, wenn sie die gehörige Gestalt hat, in einen Vereinigungspunct bey C auf der Netzhaut gebrochen werden. Eben dieses wird sich mit den Strahlen, die von L ausfahren, ereignen; ihr Vereinigungspunct wird in M seyn, und die Vereinigungspuncte der mittlern Puncte werden zwischen M und C fallen; folglich wird auf der Netzhaut ein umgekehrtes Gemälde oder Bild erzeugt, und die von der Einwürkung des Lichtes auf den ausgebreiteten Gesichtsnerven hervorgebrachte Empfindung wird von da bis in das Gehirn fortgeführet, werden. Daß aber die Theile des Auges zu Hervorbringung eines solchen Bildes eingerichtet sind, erhellet zugleich aus Versuchen; denn wenn die harte Haut von dem Auge eines Thieres hinterwärts sorgfältig abgelöset wird; so kann man auf den dünnen Häuten, welche übrig bleiben, das verkehrte Gemälde der äussern Gegenstände sehen. Es ist auch die verkehrte lage des Bildes der Vorstellung in der Seele, wo das Bild aufgerichtet ist, nicht zuwider; denn es kann ein Vereinigungspunct in M als ein Kennzeichen von dem Daseyn eines strahlenden Punctes in L angesehen werden, und der Vereinigungspunct in C kann das Daseyn eines strahlen-

den Punctes in O anzeigen, und so von den übrigen, da die Seele den Gegenstand selbst und nicht das Bild betrachtet. Wir haben über dieses Begriffe in Ansehung der Lage, welche nicht von dem Gesichte hergeleitet werden, nach welchen wir beurtheilen, ob eine Mauer senkrecht oder eine Fläche horizontal ist, u. s. w. Diese Begriffe sind aus der Erkenntniß von der Richtung, nach welcher die Schwere beständig würkt, hergeleitet; auf deren Richtung wir sie allezeit beziehen. Daher kömmt es, daß der Begriff von der Lage eines Gegenstandes während des Sehens unverändert bleibt, wenn gleich die Lage des Auges noch so sehr verändert wird. Wenn zum Beyspiele ein Mensch eine aufgerichtete Stange oder Stüze siehet, so wird das Bild der Stange auf der Netzhaut in einer Linie liegen, die auf der Oeffnung der Augenlieder unter rechten Winkeln stehet, im Fall der Kopf gerade gehalten wird; wenn man aber die Lage des Kopfes verändert, so wird das Bild in eine andere Lage kommen und auf einen andern Theil der Netzhaut fallen, und man wird sich demohngeachtet die Stange allezeit als aufgerichtet und unverändert denken.

232. Weil die Vereinigungspuncte der Strahlen, welche verschiedentlich divergiren, sich in verschiedenen Entfernungen von der Linse befinden, und diejenigen, welche weniger divergiren, eher in einen Vereinigungspunct zusammenkommen, als die welche mehr divergent sind; so wird das Auge nothwendig so eingerichtet seyn müssen, daß es auf die Strahlen würkt, welche von verschiedentlich entfernten Puncten kommen, und sie in einen Vereinigungspunct auf der Netzhaut bringt. Der natürliche Bau des Auges ist so beschaffen, daß Parallelstrahlen ihren Brennpunct auf der Netzhaut haben; und wenn wegen der Nähe eines Gegenstandes die Strahlen stärker divergiren, so ziehet sich der Stern des Auges zusammen und schließt die Strahlen aus, welche am stärksten divergiren, zu gleicher Zeit aber wird der Krystall von dem Bande vorwärts gerückt und vielleicht auch converer gemacht, wodurch der Brennpunct wieder auf die Netzhaut gebracht wird. Diese

jedesmalige Einrichtung des Auges für die Entfernungen der Gegenstände erklärt uns die Ursache, warum wir einen nahen und entfernten Gegenstand nicht zu gleicher Zeit sehen können; denn wenn man ein Haar in der Entfernung einiger Zoll zwischen dem Auge und einen entfernten Gegenstande, zum Beyspiele einem Menschen hält, der eine halbe Meile entfernet ist, so wird der Mensch unbegrenzt und undeutlich erscheinen, wenn man die Aufmerksamkeit auf das Haar richtet, und eben dieses wird mit dem Haare geschehen, wenn die Aufmerksamkeit auf den Menschen gerichtet ist.

233. Es giebt einige von Natur so unvollkommene Augen, daß sie diese Einrichtung nicht machen können. Bey denen, welche sehr mit Feuchtigkeiten angefüllt sind, ist die Hornhaut und der Krystall zu convex, daß dahero die Strahlen in ihre Brennpuncte fallen, ehe sie auf die Netzhaut ankommen, auf welche sie in kleinen Kreisflächen, anstatt der Puncte, fallen und durch ihre Vermischung das Bild undeutlich machen. Wenn hingegen zu wenig Feuchtigkeiten da sind, so wird die Hornhaut und der Krystall zu flach, und da die Strahlen nicht stark genug gebrochen werden, so kommen sie auf der Netzhaut an, ehe sie sich in ihren Brennpuncten vereiniget haben; woraus eben dieselbe Undeutlichkeit, wie in dem vorigen Falle, entstehet. Die Personen, deren Augen nach der ersten Art unvollkommen sind, heißen myopes, von ihrem Blinzeln und Zuschliessen der Augenlieder, gewöhnlicher aber **kurzsichtige**; weil sie sehr nahe Gegenstände deutlich sehen, da das Divergiren der Strahlen verursacht, daß ihre Vereinigungspuncte auf die Netzhaut fallen. Diejenigen, deren Augen zu flach sind, heißen presbytae (weitsichtige), weil die Unvollkommenheit des Gesichtes bey alten Leuten gemeiniglich von dieser Art ist, da sie von der Abnahme der Feuchtigkeiten entstehet. Diesen beyden Unvollkommenheiten kann man durch den Gebrauch schicklicher Augengläser sehr wohl zu Hülfe kommen. Denn weil die Strahlen in den Augen des Kurzsichtigen zu schnell convergiren; so erhellet, daß ein zwischen dem Auge und dem Ge-

genstande gehaltenes Hohlglas die Strahlen mehr divergent machen und folglich verhüten werde, daß sie nicht in den Vereinigungspunct zusammenfallen, ehe sie auf die Netzhaut ankommen. Und in den Augen des Weitsichtigen kann man die Strahlen durch convexe Augengläser dahin bringen, daß sie eher convergiren, und in ihnen, da sie schon convergent sind, ehe sie in die Augen kommen, von der Hornhaut und dem Krystall hinlänglich gebrochen werden, um ihren Vereinigungspunct auf der Netzhaut zu haben und ein deutliches Sehen zu verursachen.

234. Die Augen verschiedener Thiere sind mit grosser Weisheit nach dem Bedürfnisse ihrer Umstände eingerichtet. Bey den Fischen ist die Hornhaut beynahe eben, damit sie ihrer Geschwindigkeit im Schwimmen nicht hinderlich seyn mögen; dieses wird aber von dem Krystall, welcher eine Kugelgestalt hat, ersezt, daß sie dahero geschickt sind, alle nöthige Brechung der Strahlen zu bewürken. Bey den Katzen und einigen andern Thieren, welche in der Nacht auf den Raub gehen, ist der Stern des Auges so veränderlich, daß er zu einer Zeit über hundertmal mehr Licht, als zu einer andern Zeit durchläßt. Das menschliche Auge läßt zu einer Zeit eine zehenmal grössere Menge Licht hineinfallen, als zu einer andern Zeit, und vielleicht sind die Unterschiede an sehr dunklen Oertern noch grösser; es ist dahero eben nicht unmöglich, daß alsdenn der Regenbogen fast gänzlich zurückgezogen und der Stern über die ganze Fläche der Hornhaut erweitert werden könne.

Viertes Kapitel.

Von den Mikroskopen, oder den dioptrischen Werkzeugen, wodurch kleine und nahe Gegenstände vergrössert gesehen werden.

235. Die scheinbare Grösse eines jeden Gegenstandes wird nach dem Winkel gemessen, unter welchem er von dem Auge gesehen wird; folglich können die scheinbaren Grössen zweener oder mehrerer Gegenstände

gleich oder in einem gewissen Verhältnisse verschieden seyn; ihre würklichen Grössen mögen seyn, welche sie wollen. So sind die scheinbaren Grössen von CD, FH und HI (fig. 76) von dem Auge bey E gesehen einander gleich, weil sie unter demselben Winkel erscheinen, obschon ihre würklichen Grössen sehr verschieden sind; und die scheinbare Grösse von AB ist grösser, als der vorhergehenden drey Gegenstände, weil sie einen grössern Winkel abschneidet, obgleich die würkliche Grösse der Grösse von CD gleich und kleiner als FG und HI ist.

Das Bild eines Gegenstandes auf der Netzhaut ist nach Verhältniß seiner scheinbaren Grösse grösser oder kleiner; es wird dahero ein Gegenstand desto grösser und deutlicher gesehen, je näher er dem Auge gebracht wird, im Fall seine Entfernung noch groß genug bleibt, daß die Strahlen beynahe parallel in den Stern fallen können, bey kleinern Entfernungen wird er zwar immer noch grösser, aber undeutlich. Die kleinste Entfernung ist ohngefähr 6 Zoll. Das Auge kann die Gegenstände, welche unter einem Winkel von einer halben Minute *) gesehen werden, genau unterscheiden, in welchem Falle das Bild auf der Netzhaut noch nicht $\frac{1}{7200}$ Zoll breit, und bey 6 Zoll Entfernung des Gegenstandes ohngefähr $\frac{1}{1200}$ Zoll breit ist; alle kleinere Gegenstände aber sind dem bloßen Auge unsichtbar.

236. Die Werkzeuge, wodurch diese kleinern Gegenstände sichtbar gemacht werden, heißen **Mikroskope**, und werden auf doppelte Art eingerichtet. Bey der einen wird eine convexe Linse zwischen dem Gegenstande und dem Auge gehalten, um es in einer kleinern Entfernung, als 6 Zoll, deutlich zu machen; wodurch dessen scheinbare Grösse zunimmt, so wie die Entfernung vermindert wird. Bey der andern wird der Gegenstand gegen eine convexe Linse so

*) Diese an dem bloßen Auge mit dem Hadleyschen Quadranten gemachten Beobachtungen sind von der Schärfe einer halben Minute abhängig. A. d. V. Dieser kleinste Sehewinkel ist überhaupt nach der Verschiedenheit der Augen veränderlich. L.

gestellt, daß das Bild im Vereinigungspuncte viel grösser, als der Gegenstand ist, und dieses Bild wird anstatt des Gegenstandes betrachtet. Die erstern heißen **einfache** und die andern **zusammengesezte Mikroskope.**

237. Es sey EY (fig. 77) das Auge und OB ein kleiner Gegenstand, der so nahe liegt, daß der Winkel OCB seiner scheinbaren Grösse sehr groß wird. Es wird also das Bild IM auf der Netzhaut ebenfalls groß seyn; weil aber die Strahlen zu divergent sind, als daß sie sich auf der Netzhaut in ihren Vereinigungspuncten sammlen könnten, so wird das Bild sehr unordentlich und undeutlich seyn. Es werde die convexe Linse RS (fig. 78) so dazwischen gehalten, daß ihre Entfernung von dem Gegenstande der Vereinigungsweite, in der sich parallel einfallende Strahlen sammlen würden, (oder der Brennweite L.) gleich ist; so werden die Strahlen, welche von dem Gegenstande divergiren und durch die Linse gehen, nachhero parallel ausgehen und folglich parallel in das Auge fallen. Sie werden sich dahero auf der Netzhaut vereinigen, ein begrenztes Bild geben, und der Gegenstand wird deutlich gesehen werden, welcher wegen seiner Kleinheit in einer Entfernung von 6 Zoll nicht gesehen werden konnte. Weil nun die scheinbaren Grössen der Gegenstände, welche unter kleinen Winkeln erscheinen, sich sehr nahe umgewendet wie ihre Entfernungen verhalten, wenn ihre wahren Grössen gleich sind; so werden die Gegenstände nach dem Verhältnisse, wie 6 Zoll zu ihrer Entfernung von dem Auge vergrössert werden *). Hieraus folgt, daß die convexern Linsen, da sie kleinere Brennweiten haben, stärker vergrössern; denn sie bringen den Gegenstand dem Auge näher, als die flachern Linsen. Wenn man die Linse nicht ganz nahe an das Auge hält, wird der Gegenstand etwas mehr vergrössert; weil

*) Die meisten Lehrer der Optik nehmen mit Huygens 8 rheinländische Zoll an; welches bey der Verschiedenheit der Augen beynahe als das Mittel anzusehen ist. Es würde also ein Gegenstand eben so vielmal vergrössert werden, als die Brennweite des Glases in 8 Zoll enthalten ist. L.

die Lichtstrahlen, welche in einiger Entfernung von dem Mittelpuncte der Linse durchgehen, gegen die Axe gebrochen werden, und folglich von Puncten herzukommen scheinen, welche von der Mitte des Gegenstandes weiter entfernet sind; wie man in der 79 Figur siehet, wo die Strahlen, welche von O und B ausgehen, einwärts gebrochen werden, und von den Puncten i und m herzukommen scheinen.

Ein Tropfen Wassers ist ein Mikroskop dieser Art wegen seiner converen Oberfläche; denn wenn man eine kleine Oeffnung in ein Blech oder in einen andern dünnen Körper macht, und sie sorgfältig mit einem Tropfen Wassers anfüllt; so kann man dadurch kleine Gegenstände sehr deutlich und viel grösser sehen. Es finden sich aber bey deren Gebrauche einige Unbequemlichkeiten, von welchen die kleinen Gläser frey sind, und werden daher nicht sehr gebraucht. Ueberhaupt ist ihre vornehmste Empfehlung diese, daß sie wohlfeil sind.

(Zu diesen sehr leicht und mit wenigen Kosten zu erhaltenden Mikroskopen sind die kleinen Glaskügelchen zu rechnen, welche man auf einer Kohle mit dem Löthrohre vor einer Lichtflamme schmelzt. Nach den Versuchen des Herrn Pastor Schülen in seinen Beyträgen zur Optik geben an diesen Kügelchen die Stellen nahe bey dem Orte, wo sie auf der Kohle gelegen haben, das richtigste und deutlichste Bild, und müssen nur solche Kügelchen gebraucht werden, welche von 350 bis zu 800 und 1000 mal im Durchmesser vergrössern, weil grössere wegen der eigenen Schwere des Tropfens von der Kugelgestalt abweichen. Jedoch sind ihnen die kleinen geschliffenen Linsen vorzuziehen, weil sie mehrere Helligkeit geben. L.)

238. Das zusammengesezte Mikroskop, bey welchem man das Bild anstatt des Gegenstandes betrachtet, ist zweyerley, nämlich das Sonnenmikroskop und das gemeine zusammengesezte Mikroskop. Das Sonnenmikroskop hat folgende Einrichtung: AC (fig. 80) sey eine Wand einer verdunkelten Kammer; LN eine convexe Linse, die vor einer Oeffnung in AC befestiget ist; OB ein kleiner Gegen-

stand und PQ ein weißer Schirm, der in der Kammer dem Glase gegenüber stehet. Wenn sich nun der Gegenstand in der gehörigen Entfernung von der Linse befindet; so werden die Lichtstrahlen, welche von dem Puncte O ausgehen, in den Punct I, und welche von dem Puncte B ausgehen, in den Punct M fallen; die mittlern Puncte aber werden zwischen I und M abgemalet werden und ein Gemälde darstellen, welches verhältnißmässig eben so vielmal grösser ist, als der Gegenstand, so vielmal die Entfernung des Gegenstandes von der Linse in der Entfernung des Schirmes enthalten ist. Dieses ist das wesentliche, welches bey diesem Werkzeuge erfoderlich ist; es kommen aber gemeiniglich noch andere Stücke, als eine Linse oder ein Spiegel hinzu, damit man das Sonnenlicht auf ihn sammlen und ihn erleuchten könne u. d. m.; unsere Grenzen verstatten es aber nicht, uns darauf einzulassen. Das Sonnenmikroskop giebt bey weitem die angenehmsten Erfolge und ist bey öfterem Gebrauche den Augen am wenigsten nachtheilig.

239. Bey dem gewöhnlichen zusammengesezten Mikroskop wird das Bild an der Stelle des Gegenstandes betrachtet, indem man es durch eine Linse eben so ansiehet, wie den Gegenstand durch ein einfaches Mikroskop. Es sey LN (fig. 81) eine converconvexe Linse, und ein kleiner Gegenstand OB werde so gestellt, daß die Strahlen, welche von ihm ausfahren und durch die Linse gehen, in ihre Vereinigungspuncte zusammenfallen und ein umgekehrtes Bild IM darstellen. Dieses Bild wird in Ansehung des Gegenstandes so vielmal grösser seyn, so vielmal seine Entfernung von der Linse in Ansehung der Entfernung des Gegenstandes grösser ist, und wenn man es durch die Linse FG siehet, wird es nach dem Geseze der einfachen Mikroskope in dem Verhältnisse vergrössert, nach dem seine Entfernung von dem Auge kleiner als sechs Zoll ist; wobey das von der ersten Linse, oder dem Objectivglase, vorgestellte Bild als ein Gegenstand der andern Linse, oder des Ocularglases, dienet. Es ist aber zu merken, daß das in dem Ver-

einigungspuncte der Linse vorgestellte Bild in sehr wesentlichen Stücken von dem würklichen Gegenstande verschieden sey. Es macht nämlich das Licht, welches von dem Gegenstande nach allen Richtungen ausgeschickt wird, ihn einem Auge in jeder Lage sichtbar; da aber die Puncte des von einer Linse oder einem Spiegel vorgestellten Bildes nur einen kleinen Strahlenkegel ausschicken, so können die, welche bey dem Glase ankommen, nur sichtbar seyn, in deren Nähe sich das Auge befindet. So gehen die Strahlen, welche an dem Gegenstande von B ausfahren und von der Linse in M vereinigt werden, divergent nach H fort und erreichen dahero weder die Linse FG noch das Auge in E. Die Strahlen aber, welche von den Puncten o und b ausgehen, werden von der Linse FG aufgefangen und von ihr in das Auge parallel fortgeführt; folglich werden die ihnen zukommenden Puncte i und m des Bildes sichtbar, diejenigen aber welche weiter nach I und M liegen, nicht gesehen werden. Dieser Theil des Bildes IM oder die sichtbare Fläche heißt das Gesichtsfeld.

Hieraus erhellet, daß wenn das Bild IM groß ist, ein sehr kleiner Theil davon sichtbar seyn werde, weil der größte Theil der Strahlen ausser dem Ocularglase FG fallen wird. Eben so einleuchtend ist es, daß ein solches Mittel, welches die von den äussersten Puncten des Gegenstandes O und B ausgehenden Strahlen dem Auge zuführt, einen grössern Theil davon sichtbar machen, oder mit andern Worten, das Gesichtsfeld erweitern werde. Dieses erreicht man durch Dazwischenstellung einer breiten Linse DE (fig. 82) von einer schicklichen Brennweite in einer kleinen Entfernung von dem Bilde. Denn es wird hierdurch der Strahl BM, welcher ausserdem nach H fortgegangen seyn würde, gegen das Auge gebrochen, wie es in der Figur abgezeichnet ist, und in dem Puncte P, von welchem die Strahlen zulezt ausgefahren sind, empfindet die Seele das Daseyn eines strahlenden Punctes. Auf eben die Art und aus gleichen Ursachen wird der andere äusserste Punct des Bildes in Q gesehen und die mittlern Puncte werden eben-

falls sichtbar. Auf diese Betrachtungen gründet sich die Verfertigung der zusammengesezten beweglichen Mikroskope, welche gemeiniglich aus einer Objectivlinse LN, von welcher das Bild dargestellt, vergrössert und umgewendet wird; aus einem Collectivglase DE, wodurch das Gesichtsfeld erweitert wird, und aus einem Ocularglase bestehen, durch dessen Hülfe das Auge sich sehr nähern und also das Bild unter einem sehr grossen Winkel der scheinbaren Grösse sehen kann.

240. (Zur bequemen Uebersicht der verschiedenen brauchbaren Mikroskope wird folgende aus der nach Anleitung der Eulerischen Dioptrik herausgegebenen Dioptrik des Herrn Prof. Klügel größtentheils gezogene Eintheilung dienen können.

1. Einfache Mikroskope.

Einfache Linsen geben bey sehr starken Vergrösserungen wenig Helligkeit.

Kugelmikroskope thun nicht so gute Dienste als die einfachen Linsen.

Zwo convexe Linsen dicht aneinander gelegt. Die Helligkeit ist noch einmal so groß, als bey der einfachen Linse.

Drey nahe aneinander gestellte convexe Linsen. Das Gesichtsfeld ist mehr als doppelt so groß und die Helligkeit mehr, als um die Hälfte grösser, als bey doppelten Linsen.

2. Zusammengesetztes Mikroskop, wo kein würkliches Bild vorhanden ist. Das Objectivglas conver, das Ocularglas concav, ist wegen des kleinen Gesichtsfeldes nicht vortheilhaft.

3. Zusammengesetztes Mikroskop, wo ein würkliches Bild vorhanden ist.

Mit einem Ocularglase. Es bestehet aus zwo convexen Linsen, wie in der 81 Figur. Das würkliche Bild ist in dem Brennpuncte des Ocularglases.

Mit zwey Oculargläsern. Bestehet aus drey convexen Linsen wie in der 82 Figur. Bey diesem Mikroskop

muß die Brennweite des Collectivglases dreymal so groß, als die Brennweite des Ocularglases seyn. Es hat mehr Helligkeit und Deutlichkeit als das vorhergehende und ist vorzüglich wegen der Erweiterung des Gesichtsfeldes und der Verminderung des farbigten Randes sehr vortheilhaft.

Mit drey Ocularglasern oder 4 convexen Linsen, wo anstatt des Glases CF (fig. 82) zwey convexe Gläser gesezt werden. Das Gesichtsfeld wird größer, als bey dem vorhergehenden Mikroskop; die Helligkeit ist aber etwas kleiner.

Um die Oeffnung des Objectivs und die davon abhängende Helligkeit zu vergrößern kann man bey diesen zusammengesezten Mikroskopen das Objectiv aus zwo oder drey nahe aneinander gestellten convexen Linsen von größern Brennweiten zusammensezen.

Zusammengesezte Mikroskope mit achroamatischen Objectiven sind auch von dem Herrn Euler berechnet worden und erfodern sehr viele Gnauigkeit in der Ausführung.

Achroamatische Fernröhre, sehr verlängert, sind theils wegen der größern Entfernung des Gegenstandes von dem Objectivglase, theils wegen des Gesichtsfeldes, der Helligkeit und Wegschaffung der Farben sehr vorzüglich brauchbar. L.)

241. Die **Zauberlaterne** (laterna magica) beruhet auf denselben Gründen als das Sonnenmikroskop und kann mit gutem Erfolge zu Vergrößerung kleiner durchsichtiger Gegenstände gebraucht werden; sie wird aber gemeiniglich zur Belustigung angewendet, indem man die Bilder von kleinen durchsichtigen auf Glas gemalten Gemälden auf eine weiße Wand oder einen weißen Schirm fallen lässet. Aus der schon gegebenen Erklärung wird man folgende Beschreibung ihrer Theile leicht verstehen.

Innerhalb eines Kastens oder einer Laterne stehet ein Licht oder eine Lampe C (fig. 83), deren Licht durch die planconvexe Linse NN fällt, und den Gegenstand OB, welcher ein durchsichtiges verkehrtes Gemälde auf Glas ist, das vor NN mittelst eines Rahmens, in welchem das

Glas gesezt oder befestiget ist, bewegt werden kann, stark erleuchtet. Diese Erleuchtung wird von dem zurückgeworfenen Lichte eines Hohlspiegels SS, der an der andern Seite des Kastens angebracht ist, noch mehr verstärkt, indem er das Licht auf dem Glase sammlet, wie die Figur zeigt. Endlich wird eine Linse LL, die in einer beweglichen Röhre befestiget ist, in die erfoderliche Entfernung von dem Gegenstande OB gebracht; wodurch ein großes aufgerichtetes Gemälde IM auf der entgegenstehenden Wand abgebildet wird.

Fünftes Kapitel.

Von den Fernröhren oder den dioptrischen Werkzeugen, wodurch entfernte Gegenstände größer und deutlicher gesehen werden.

242. So wie die Mikroskope eingerichtet wurden, um den Mängeln des Gesichts in Ansehung solcher Gegenstände zuvorzukommen, bey denen die Winkel ihrer scheinbaren Größe wegen der Kleinheit der Gegenstände selbst für das Gesicht zu klein waren; so dienen die Fernröhre zu Verbesserung des Gesichts in Ansehung solcher Gegenstände, bey denen die Winkel ihrer scheinbaren Größe wegen ihrer Entlegenheit oder ihres Abstandes für das Gesicht zu klein sind. Beyde Werkzeuge haben einerley Absicht, nämlich diesen Winkel zu vergrößern; es ist also das Fernrohr von dem zusammengesezten Mikroskope, einige zur Bequemlichkeit dienliche Stücke ausgenommen, sehr wenig unterschieden.

243. Es sey LN (fig. 84) eine convexe Linse, und OB ein entfernter Gegenstand; so werden die Lichtstrahlen in ihre Vereinigungspuncte zusammenfallen und das umgewendete Bild IM darstellen, welchem das Auge durch Hülfe der Linse EE so nahe kommen kann, bis es dasselbe sehr groß und deutlich siehet. Dieses ist das gemeine **astronomische Fernrohr.**

Da es aber unbequem ist, Gegenstände auf der Erde verkehrt zu sehen; so wird es gewöhnlichermaaßen mit solchen Gläsern verbunden, daß dadurch das Bild so aufgerichtet, wie der Gegenstand erscheinet. Das einfachste davon ist folgendes, wo ein Hohlglas an die Stelle des converen Ocularglases gesezt wird.

244. Es sey LN (fig. 85.) das Objectivglas wie vorhin und OB ein entfernter Gegenstand; so würden die Strahlen von den Puncten des Gegenstandes in ihren Vereinigungspunct fallen und das umgewendete Bild IM darstellen, wenn die Linse EE nicht da wäre. Da aber die Linse EE concav ist, so wird ein größeres Divergiren der Strahlen verursacht; daß also die Strahlen, welche von B des Gegenstandes ausfahren, anstatt sich in M zu vereinigen, gegen H parallel fortgehen. Aus eben der Ursache werden die von O ausgehenden Strahlen gegen K parallel fortgeführt; welches ebenfalls bey den mittlern Strahlen geschiehet. Weil nun Parallelstrahlen ein deutliches Sehen verursachen; so ist klar, daß ein in den Strahlenpinsel H gestelltes Auge ihn so sehen werde, als wenn er von einem Puncte ausgegangen wäre, der wie m in der leztern Richtung der Strahlen liegt, und daß das Bild von B bey m erscheinen werde. Aus eben dem Grunde wird das Bild von O von einem in K gestellten Auge bey i gesehen; welches ebenfalls von den mittlern Puncten gilt. Es wird dahero das Bild in im aufgerichtet oder eben so, wie der Gegenstand selbst, erscheinen.

Dieses Fernrohr stellt die Gegenstände sehr hell und deutlich, und um eben so viel vergrößert, als wie die andern, vor; es ist aber wegen seines kleinen Gesichtsfeldes nicht bequem zu gebrauchen. Denn da die Lichtpinsel von einander divergiren; so gehen sie meistentheils auf allen Seiten vorbey ohne in den Stern des Auges zu fallen, und es kann dahero nur ein sehr kleiner Theil des Bildes auf einmal gesehen werden. Wenn also das Auge in H ist, so wird es den Punct m sehen, und wenn es gegen K bewegt wird, so wird es nach und nach alle Theile des Bildes ge-

gen i zu, sehen; da aber der Stern des Auges nicht breit genug ist, die Pinsel H und K zugleich aufzunehmen, so können die Puncte m und i nicht auf einmal gesehen werden. Je größer der Stern ist und je näher er dem Augenglase gebracht wird, desto mehr Strahlen fallen auf einmal in das Auge; folglich ist unter diesen Umständen das Gesichtsfeld am breitesten und in allen andern Fällen kleiner.

245. Durch Beyfügung zweyer Oculargläser an das astronomische Fernrohr wird es für Gegenstände auf der Erde mit Beybehaltung eben desselben Gesichtsfeldes eingerichtet. Auf diese Art empfängt die Linse FF (fig. 86), welche der Linse EE gleich ist und unter doppelter Brennweite von EE abstehet, die Strahlen, nachdem sie sich bey X durchschnitten haben, und machen in im ein Bild, welches dem Bilde IM ähnlich und gleich ist, das aber eine entgegengesezte Lage hat oder aufgerichtet ist, welches leztere Bild durch die Linse GG gesehen wird. Dieses ist das gemeine **Erdfernrohr**, und ob es gleich wegen der größern Anzahl Gläser die Gegenstände nicht so helle darstellt, als das vorhergehende, so macht jedoch das weite Gesichtsfeld dasselbe brauchbarer und nüzlicher.

246. Es ist schon oben bemerkt worden, daß die Dunkelheit der Körper von der Weite ihrer Zwischenräume herrühre, welche Mittel enthalten, die in der Dichtigkeit von den Theilen der Körper verschieden sind. Daher kömmt es, daß verschiedene durchsichtige Flüssigkeiten dunkel werden, wenn man sie mit eben so durchsichtigen aber von anderer Dichtigkeit vermischt; und dieses ist die Ursache, warum der Luftkreis niemals vollkommen, wiewohl mehr zu einer, als zur andern Zeit, durchsichtig ist. Folgende Bemerkung kann vielleicht zu Erläuterung dieses Gegenstandes dienen. Wenn eine geringe Menge Weingeist in ein Glas voll Wasser gegossen worden, so wird diese Mischung weniger durchsichtig werden, als sie vorhero war; da der Weingeist auf einige Zeit die Gestalt der Adern oder Wellen wegen der unvollkommenen Vermischung beybe-

hält; wenn sich aber die beyden Flüssigkeiten genauer vereinigt haben, so wird die Durchsichtigkeit wieder hergestellt. Die Dunkelheit entstehet von der Menge der Zurückwerfungen bey den gemeinschaftlichen Flächen der Adern des Weingeistes und des Wassers, und die Durchsichtigkeit wird wieder hergestellt, wenn diese Adern durch die Vermischung zu klein zur Zurückwerfung werden; da alsdenn das Licht gänzlich durchgelassen wird. Auf eben die Art machen die Dünste, welche beständig von der Erde aufsteigen, die Luft weniger durchsichtig, vornämlich nahe bey der Erde, wo die Vermischung nicht so vollkommen ist. Es erscheinen dahero die Himmelskörper an dem Horizonte viel dunkler, als wenn man sie in einer größern Höhe siehet; denn in dem ersten Falle siehet man sie durch denjenigen Theil des Luftkreises, welcher der Erdoberfläche sehr nahe ist und in dem andern Falle durch den entferntern Theil. Diese Dunkelheit aber verursacht noch die geringste Ungemächlichkeit. Die aufsteigenden Dünste haben eine Art wellenförmige Bewegung, dem Rauche und Dampfe gleich; so, daß die durch dieselben gesehenen Gegenstände eine zitternde oder springende Bewegung zu haben scheinen, welche auch mit den bloßen Augen bemerkt wird, wenn man in Sommertagen entfernte Gegenstände über einen Morast oder Sumpf hin siehet. Bey Fernröhren ist dieses noch viel merklicher, daß es so gar die Erdfernröhre ganz unbrauchbar macht, wenn sie mehr als achtzigmal vergrößern. Wenn man aber unter einer beträchtlichen Höhe Himmelskörper betrachten will; so kann man Werkzeuge gebrauchen, welche mehr als 200 mal vergrößern.

247. Von diesem Mangel der Durchsichtigkeit des Luftkreises ist die stufenweise Verminderung der Erleuchtung der Gegenstände, welche bey den Malern die Luftperspective heißt, herzuleiten; denn wenn die Luft vollkommen durchsichtig wäre, müßte ein Gegenstand in allen Entfernungen gleiche Helligkeit haben, weil die sichtbare Fläche und die Dichtigkeit des Lichtes in einerley Verhältnisse, nämlich wie die Quadrate der Entfernungen ab-

nimmt. Aus dieser stufenweisen Verminderung des Lichtes nebst dem Winkel der scheinbaren Größe schäzen wir die Entfernungen; und weil die Himmelskörper, wenn sie dem Horizonte nahe sind, aus der oben angegebenen Ursache dunkler erscheinen; so stellen wir uns vor, als ob sie zu der Zeit würklich größer wären, wenn gleich ihre scheinbaren Größen unverändert oder etwas kleiner sind. So kommen uns ebenfalls Leute, die wir durch einen Nebel sehen, riesenmäsig vor, da die Dunkelheit uns das Bild als weiter entfernet vorstellt, als es würklich ist. Bey den Himmelskörpern aber giebt es noch andere Umstände, die dahin abzielen, daß wir uns in unserem Urtheile von deren Entfernung hintergehen. Wir stellen uns vor, der Himmel sey ein hohles Gewölbe und die Wolken an dem Horizonte wären weiter entfernet, als die Wolken, welche dem Zenith näher sind; wir bilden uns ein, der horizontale Halbmesser sey viel größer, als der verticale. Nach dieser Vorstellung ordnen wir unsere Begriffe in Ansehung der Entfernungen der Himmelskörper unter verschiedenen Höhen; wir halten deren Entfernung für größer, wenn sie dem Horizonte näher sind, und werden dahero veranlaßt, uns einzubilden, als ob sie zu der Zeit größer wären.

248. Die Luft wirft die blauen Strahlen am häufigsten zurück und muß also die rothen, orange und gelben Strahlen häufiger als die andern durchlassen. Wenn das Licht der untergehenden Sonne, indem es durch eine große Luftschicht gehet, von den mehr brechbaren Strahlen, den grünen, blauen, indigo und violeten, befreyet worden ist, so werden die übrigen, welche durchgehen die westlichen Wolken mit einer orange Farbe erleuchten; so wie aber die Sonne mehr und mehr untergehet, so wird auch die Luftschicht, durch welche die Strahlen fallen müssen, größer; die gelbe und orange Farbe wird zurückgeworfen, und die Wolken nehmen ein dunkles Roth an, bis endlich der gänzliche Untergang der Sonne ihnen wegen des von der Luft zurückgeworfenen blauen Lichtes eine Bleyfarbe zurückläßt. Dergleichen Veränderungen der Farben sind bey dem Un-

tergange der Sonne auf den Schneekippen der Alpen in der Schweiz bemerkt worden.

Die wellenförmige Bewegung der Dünste in der Luft ist sehr deutlich an dem Funkeln der Sterne und an der zitternden Bewegung, welche die Schatten hoher Gebäude haben, zu bemerken.

249. An dem Sonnenmikroskop und der Zauberlaterne haben wir gesehen, daß die Bilder naher Gegenstände auf einen Schirm in einer verfinsterten Kammer geworfen werden können. Das finstere Zimmer (camera obscura) verhält sich eben so zu dem Fernrohre, wie sich das Sonnenmikroskop zu dem gemeinen zusammengesezten Mikroskop verhält, und wird folgendermaaßen eingerichtet.

Es stelle CD (fig. 87) ein verfinstertes Zimmer vor, das bey L eine Oeffnung hat, in welchem eine convexe Linse von einer solchen Brennweite befestigt ist, daß der Brennpunct auf die entgegengesezte Wand fällt. Wenn nun ein Gegenstand AB sich in einer solchen Entfernung befindet, daß die von einem jeden gegebenen Puncte seiner Oberfläche auf das Glas L fallenden Strahlen als parallel betrachtet werden können, so wird auf der entgegenstehenden Wand ein umgekehrtes Gemälde vorgestellt werden. Denn der Strahlenpinsel, welcher von A ausgehet, wird gegen a convergiren, und der von B ausgehende Strahlenkegel wird gegen b convergiren, so wie auch die mittlern Puncte des Gegenstandes zwischen a und b abgemalt erscheinen werden. Dieses ist einer der angenehmsten und unterhaltendsten Versuche der Optik, der den Zuschauer allezeit mit Erstaunen und Bewunderung erfüllt. Jedoch darf man dieses nicht für seltsam halten; denn wenn man bey Betrachtung eines wohl ausgeführten Gemäldes Vergnügen empfindet; um wie viel stärker muß die Aufmerksamkeit auf ein Gemälde geheftet werden, welches von der ohnfehlbaren Hand der Natur gezeichnet wird; wenn zu der höchst genauen perspectivschen Zeichnung, von den weichsten Tinten und lebhaftesten Farben, noch die unnachahmliche Vollkommenheit des Lebens und der Bewegung hinzukömmt. Der

einzige Mangel ist die umgekehrte Lage des Gemäldes, welchem man durch verschiedene Vorrichtungen *) abhelfen kann; da sie aber durchgängig das Bild weniger lebhaft darstellen, so werden sie selten gebraucht.

Sechstes Kapitel.

Von den Unvollkommenheiten der Fernröhre, von ihren Verbesserungen und den achroamatischen Fernröhren.

250. Weil die Zusammensezung eines Fernrohres nur darauf beruhet, daß man mittelst eines Vergrößerungs- oder Ocularglases das Bild sehe, was in dem Brennpuncte des Objectivglases dargestellt wird; so dürfte es leicht zu seyn scheinen, ein Fernrohr mit einem gegebenen Objectivglase zu machen, welches in einem jeden verlangten Grade vergrößert. Denn wenn das Ocularglas immer converer angenommen würde; so könnte das Auge sich dem Bilde mehr und mehr nähern und es folglich unter einem Winkel sehen, der nach Erfoderniß immer größer würde. Dieses läßt sich aber aus zwo verschiedenen Ursachen nicht bewerkstelligen. Die erste ist diese, daß Kugelflächen die Lichtstrahlen nicht vollkommen in einen Punct brechen **), wie wir schon bemerkt haben; und die andere, welche den meisten Einfluß hat, ist diese, daß die Lichtstrahlen wegen der verschiedenen Brechbarkeit unter verschiedenen Entfernungen von dem Glase in ihre Vereinigungspuncte ankommen ***); da die mehr brechbaren Strahlen eher convergiren, als die, welche weniger brechbar sind. Dieses erhellet aus dem, was wir schon

*) Nämlich durch Spiegel oder durch Beyfügung mehrerer convexer Gläser. L.

**) Dieser Unterschied heißt die Abweichung wegen der Kugelgestalt und ist desto größer, je weiter der Strahl von der Axe einfällt. L.

***) Dieses nennt man die Abweichung wegen der Farben. L.

über diesen Gegenstand gesagt haben, und wird ebenfalls durch Versuche bestätigt; denn ein Papier, das mit einem starken Roth bemalet und gehörig erleuchtet worden ist, wird sein Bild mittelst einer Linse auf einen Schirm in einer größern Entfernung werfen, als es ein anderes blaues Papier mit derselben Linse unter eben den Umständen thun wird. Jedoch ist hier zu bemerken, daß die Linse bey diesem Versuche sehr flach oder ein Abschnitt von einer großen Kugel seyn muß. Man kann dahero sagen, daß das Bild eines weissen Gegenstandes aus einer unbegränzten Anzahl gefärbter Bilder bestehe, von welchen das violete Bild dem Glase am nähesten und das rothe von demselben am weitesten entfernet ist, und wo die Bilder der mittlern Farben in die mittlern Entfernungen fallen. Der Vereinigungspunct oder das Bild selbst muß dahero etwas undeutlich werden, und da diese Undeutlichkeit von einem Vergrößerungsglase oder dem Ocularglase sehr vermehrt wird; so ist man genöthigt, ein Ocularglas von einer gewissen eingeschränkten Brennweite für ein gegebenes Objectivglas zu gebrauchen. Wenn man dahero ein Fernrohr machen will, welches mehr als ein anderes gegebenes vergrößert; so muß das Objectivglas weniger erhaben seyn und also eine größere Brennweite haben. Ein Objectivglas von 4 Fuß Brennweite wird ein Ocularglas von $1\frac{1}{3}$ Zoll Brennweite vertragen, und die Gegenstände der Länge nach oder im Durchmesser 40 mal vergrößern; ein Objectivglas von 25 Fuß Brennweite wird ein Ocularglas von 3 Zoll Brennweite vertragen und 100 mal vergrößern und ein Objectivglas von 100 Fuß Brennweite würde ein Ocularglas von 6 Zoll Brennweite vertragen und 200 mal vergrößern *).

*) Wenn man blos auf die Helligkeit siehet; so müßten bey diesen Maaßen die Oeffnungen der Objective 1, 6 Zoll, 4 Zoll und 8 Zoll im Durchmesser halten. Da aber die Abweichungen wegen der Kugelgestalt und der Farben unter diesen Umständen viele Undeutlichkeit geben würden; so müssen entweder diese Oeffnungen kleiner werden, welches auch bey sehr hellen Gegenständen statt finden kann; oder man muß

Es ist auch nöthig, die Oeffnung des Objectivglases dahin einzuschränken, daß diejenigen Strahlen ausgeschlossen werden, welche zu weit entfernet von dem Mittelpuncte einfallen; denn weil sie stärker gebrochen werden, so sind sie den Abweichungen, welche entweder von der Gestalt des Glases oder der ungleichen Brechung des Lichtes herkommen, viel stärker unterworfen. Es müssen sich also die Durchmesser der Oeffnungen der Objectivgläser wie die Quadratwurzeln aus ihren Brennweiten verhalten *).

251. Die große Unbequemlichkeit und Schwierigkeit bey dem Gebrauche langer Fernröhre veranlaßte die Philosophen auf Mittel zu denken, wodurch das Convergiren der Lichtstrahlen ohne sie in ihre Farben zu zerstreuen, erhalten würde. Die Mittel zu Erreichung dieses Endzwecks wurden zuerst von dem Rittter Isaac Newton und Herr Dolland ausgeführt. In dem Teleskop des Herrn Newton wird das Bild im Brennpuncte von Spiegeln oder vielmehr Brennspiegeln durch Zurückwerfung gemacht; weil sie dahero von dem unregelmäsigen Convergiren der verschiedenen Lichtstrahlen frey sind, so verstatten sie eine viel größere Oeffnung und vertragen eine sehr starke Vergrößerung. Dahingegen erfordern Brennweiten, wie der berühmte Astronom Mayer gethan hat. Er giebt nämlich in seiner von dem Hrn. Prof. Klügel p. 179. angeführten Tafel folgende Maaße für obige Objective an:

Brennweite des Objectivs.	Brennweite des Oculars	Vergrößerung	Oefnung des Objectivs.
4 Fuß.	2, 13 Zoll.	22, 5	0, 94 Zoll.
25 —	5, 24 —	57, 1	2, 37 —
100 —	10, 49 —	114, 4	4, 77 —

Wobey man zwar an der Vergrößerung verliert; desto mehr aber an der Helligkeit und Deutlichkeit gewinnt. L.

*) Dieser von Herrn Huygens angegebenen Regel verdienen noch seine beyden folgenden beygefügt zu werden: daß die Brennweiten der Objective sich wie die Quadrate der Vergrößerungszahlen und die Brennweiten der Oculare sich wie die Vergrößerungen verhalten müssen, wenn die Fernröhre untereinander einerley Grad der Deutlichkeit und Helligkeit haben sollen. L.

größerung. Die Unbequemlichkeiten dieses Werkzeuges sind das Anlaufen der Metallspiegel und die sehr große Genauigkeit, welche, um ihnen die wahre Gestalt zu geben, erfodert wird; denn ein Fehler auf einer zurückwerfenden Fläche hat viel mehr Einfluß auf die Richtung der Strahlen, als ein Fehler an einer brechenden Fläche. Demohngeachtet aber ist dieses Teleskop am besten zu gebrauchen. Die Erfindung des Herrn Dolland bestehet in der Anwendung eines zusammengesezten Objectivglases, welches von seiner Eigenschaft achroamatisch oder farbenlos genennet wird, und hat bey der Verfertigung vornämlich die Unbequemlichkeit, daß man schwerlich Glas erhalten kann, welches durchgängig einerley Brechungsvermögen hat. Da wir uns izt mit der Dioptrik beschäfftigen, so ist es der Ordnung gemäß, zuförderst das achroamatische Fernrohr zu beschreiben, und die Beschreibung des andern Werkzeuges an seinem Orte einzuschalten, wenn wir von den Eigenschaften der Werkzeuge, welche sich nach dem Gesezе der Zurückwerfung richten, handeln.

252. Weil die einfachen Lichtstrahlen in der Brechbarkeit von einander verschieden sind, so werden sie bey der Brechung von einander getrennt; und weil sie alle so gebrochen werden, daß die Sinus der Einfallswinkel in einem beständigen Verhältnisse mit den Sinus der Brechungswinkel stehen, so muß die Zerstreuung am größten seyn, wenn der ganze Lichtcylinder von seiner Bahn am meisten abgelenkt wird. Hieraus haben die Optiker geschlossen, und es findet sich auch in des Ritter Newton Optik eine Stelle *), welche die Meynung zu bestätigen scheinet, daß Prismen, welche den ganzen Lichtcylinder unter gleichen Einfallswinkeln von seiner Bahn gleich stark ablenken, auch eine gleich große Zerstreuung oder ein gleiches Divergiren der einfachen Strahlen verursachen, wenn sie gleich in dem Brechungsvermögen verschieden sind; oder mit andern Worten: wenn das von einer Fläche eines ge-

*) Des 1 Buches 2 Theil. 8 Versuch. A. d. V.

gebenen Prisma ausgehende gebrochene Licht auf die Fläche eines andern Prisma fällt, welches dasselbe gleich stark nach entgegengesezter Richtung so bricht, daß es mit dem ersten einfallenden Lichtcylinder parallel ausfahren muß, daß dieses zulezt ausfahrende Licht weiß bleiben werde, wenn gleich die Masse des andern Prisma von der Masse des erstern verschieden ist. Es hat aber Herr Dolland *) gezeigt, daß dieses ungegründet sey; denn aus seinen Versuchen erhellet, daß die verschiedenen Glasarten in Ansehung der von gleichen Brechungen hervorgebrachten Farbenzerstreuungen sehr verschieden sind. Er fand, daß zwey Prismen, eines von weissem Flintglase, dessen brechender Winkel 25 Grade hielt, und das andere von Kronglase, dessen brechender Winkel 29 Grade betrug, den Lichtcylinder sehr nahe gleich stark brachen, daß aber die Farbenzerstreuung bey dem Flintglase beträchtlich stärker war, als bey dem Kronglase. Wenn er sie dahero so miteinander verband, daß die Brechung nach entgegengesezter Richtung geschehen mußte, und einen Lichtcylinder durch dieselben fallen ließ, so wurde derselbe demohngeachtet in seine einfachen Strahlen zerstreuet, ob gleich der ausfahrende Lichtcylinder dem einfallenden parallel blieb. Hieraus zog derselbe den Schluß, daß man, um den ausfahrenden Licht-

*) Herr Dolland vertheidigte anfänglich ebenfalls diese Meynung gegen den Herrn Euler, der aus dem Baue des Auges bewies, daß die Wegschaffung des farbigten Randes statt finden könne und um die Farbenzerstreuung zu heben ein Objectiv von zween Menisken berechnete, zwischen denen sich Wasser befand. Nachdem nun Herr Klingenstierna das Widersprechende der obigen Meynung gezeigt hatte, machte Herr Dolland neue Versuche mit Prismen und benutzte die in England gewöhnlichen zwo Glasarten, das Kronglas und Flintglas, welche Entdeckung er aber anfänglich geheim hielt. Der Herr D. Zeiher machte dahero verschiedene Glasproben; erfand die bis dahin unbekannt gebliebene Zusammensezung des Flintglases, und überzeugte die gelehrten Optiker durch seine Abhandlung von den verschiedenen Brechungskräften verschiedener Glasarten. L.

cylinder weiß darzustellen, den brechenden Winkel des Prisma von Kronglase nothwendig größer machen müsse, und entdeckte durch wiederholte Versuche das genaue Maas desselben. Solchemnach war aber dieser ausfahrende farbenlose Lichtcylinder wegen Vergrößerung des Winkels an dem Prisma von Kronglase dem eingefallenen Strahle nicht parallel; sondern er ward gegen die Grundfläche des leztern Prisma gebrochen.

253. Auf diese Art erhielt er eine Theorie, nach welcher die Brechung ohne alle Trennung oder Zerstreuung der Farben bewürkt wurde, und welche ohne Schwierigkeit auf die Objectivgläser in Fernröhren angewendet werden konnte. Es sey ABED (fig. 88) eine concavconcave Linse von weißem Flintglase und AGDF eine converconvere Linse von Kronglase; so können die Theile der Linsen, welche auf einer und derselben Seite der gemeinschaftlichen Axe liegen, nämlich die Theile ACB und AFG, als zwey Prismen betrachtet werden, welche das Licht nach entgegengesezten Richtungen brechen, und wenn die Brechung des Kronglases genau um so viel größer ist, daß dadurch die von dem Flintglase ACB verursachte Farbenzerstreuung gehoben wird, so wird der einfallende Strahl SH nach X gebrochen werden, ohne eine Farbe hervorzubringen. Eben dieses gilt auch von dem Strahle sh und von allen andern einfallenden Strahlen; folglich wird das ganze von diesem zusammengesezten Objectivglase im Brennpuncte dargestellte Bild achroamatisch oder von den Farben frey seyn, welche bey der Brechung entstehen würden. Es wird dahero eine größere Oeffnung und mehr Vergrößerung vertragen, und also die Gegenstände viel näher bringen, als ein gemeines Fernrohr von derselben Länge.

Es ist in verschiedener Betrachtung vortheilhafter, besonders bey den kürzern Fernröhren, wenn man das Objectiv aus drey Linsen, nämlich einer concavconcaven Linse von Flintglase zwischen zwo converen Linsen von Kronglase zusammensezt.

Bey Verfertigung dieser und aller andern Werkzeuge giebt es Schwierigkeiten, deren Hebung einem einsichtsvollen Künstler bekannt seyn muß und welche aus denjenigen Schriften, welche davon besonders handeln, entlehnet werden können. Wir übergehen aber dieselben, da sie nicht unmittelbar zu unserer Absicht, die vornämlich auf die Theorie gerichtet ist, gehören.

254. (In Ansehung der Einrichtung und Berechnung der achroamatischen Objective kann man sich in des Herrn Prof. Klügels analytischen Dioptrik und in Herrn Fuß Anweisung, wie alle Arten von Fernröhren in der größten möglichen Vollkommenheit zu verfertigen sind, ausführlichen Unterricht erhalten. Die oben angeführten drey Gattungen von Fernröhren haben in Betreff der Oculargläser von dem Herrn Euler noch verschiedene Verbesserungen erhalten, welche hier eine Stelle verdienen möchten.

Die erste Gattung, wo kein würkliches Bild zu Stande kömmt, ist das holländische Fernrohr (fig. 85), welches mit einem breiten Objectivglase gemeiniglich als Taschenperspectiv dienet.

Zwischen den beyden Gläsern kann zu Vermeidung des farbigten Randes ein convexes Glas gestellt werden; und beyde Arten werden auch mit achroamatischen Objectiven versehen.

Die zwote Gattung, wo sich nur ein würkliches Bild befindet und die Gegenstände verkehrt dargestellt werden, ist das astronomische Fernrohr.

Mit einem einfachen convexen Ocularglase, wie in der 84 Figur, bey welchem die Vergrößerung nach Beschaffenheit der größern oder geringern Helligkeit des Gegenstandes stärker oder schwächer seyn muß.

Mit einem doppelten Ocular anstatt des Glases EE, welches den farbigten Rand aufhebt und zugleich das Gesichtsfeld vergrößert.

Mit einem dreyfachen Ocular an der Stelle des Ocularglases EE, welches wie das vorhergehende den farbigten Rand aufhebt und das Gesichtsfeld vergrößert; zugleich

aber auch der Unbequemlichkeit abhilft, daß das nächste Ocular an dem Auge keine zu kleine Brennweite hat.

Diese drey Arten, vorzüglich aber die beyden leztern mit doppelten oder dreyfachen Objectiven, welche größere Oeffnungen und stärkere Vergrößerungen vertragen.

Die dritte Gattung, wo zwey würkliche Bilder vorkommen und der Gegenstand aufgerichtet erscheinet, ist das Erdfernrohr und wird nach der Lage der Bilder in diese besondern Arten abgetheilet.

Wenn das Bild des Objectivs würklich wird, mit zwey converen Ocularen, zwischen welchen das zweyte Bild fällt. Bey dieser Einrichtung wird das Fernrohr sehr verlängert und das Gesichtsfeld verengt.

Wenn das erste und dritte Bild würklich wird, mit drey converen Ocularen. Auf welche Art die gewöhnlichen Erdfernröhre, wie fig. 86 eingerichtet sind.

Wenn das erste und dritte Bild würklich wird, mit vier converen Ocularen, wo anstatt des nächsten Ocularglases GG (fig. 86) zwey converse Gläser genommen werden. Der farbigte Rand wird durch diese Verdoppelung vermieden und das Gesichtsfeld größer.

Wenn das zweyte und dritte Bild würklich wird, mit drey Ocularen; wo das erste Bild nicht in IM (fig. 86), sondern über das Glas EE hinausfällt, und daselbst nicht zur Würklichkeit kommt; das zweyte Bild aber in X und das dritte in im erscheint. Der farbigte Rand kann hierdurch sehr leicht weggeschaft werden, jedoch bedarf das Gesichtsfeld noch eine Vergrößerung.

Wenn das zweyte und dritte Bild würklich wird, mit vier Ocularen; wo alles, wie bey der lezten Art eingerichtet ist, ausser dem näheften Ocularglase GG, an dessen Stelle zwey Oculare genommen werden. Hierdurch wird nebst der Vermeidung des farbigten Randes auch das Gesichtsfeld größer.

Wenn das zweyte und dritte Bild würklich wird, mit fünf Ocularen; wo ebenfalls nur anstatt des Ocularglases GG drey converse Gläser gesezt werden. Das Gesichts-

feld wird dadurch noch mehr vergrößert, als bey dem vorhergehenden.

Mit fünf Ocularen, wo die beyden würklichen Bilder zwischen den beyden ersten und beyden lezten Ocularen fallen. Herr Dolland, der Vater, hat sich dieser Einrichtung zuweilen bedienet, nach welcher Einrichtung Herr Scherffer ein dollandisches achroamatisches Fernrohr beschreibt; und ich ebenfalls eines besize. Da aber, wie Hr. Prof. Klügel erinnert, das Gesichtsfeld bey dieser Einrichtung vermindert wird; so sind die leztern von Herrn Euler angegebenen Stellungen der Oculare viel vorzüglicher.

Alle obige Arten mit doppelten oder dreyfachen farbenlosen Objectiven versehen, vertragen viel größere Oeffnungen und verstatten dahero mehr Vergrößerung bey eben derselben Helligkeit. L.).

Siebendes Kapitel.

Von der Katoptrik oder regelmäsigen Zurückwerfung des Lichtes und den Spiegeltelescopen.

255. Wir haben gezeigt, wie man eine Fläche einrichten könne, welche die Strahlen eines Lichtcylinders so zurückwirft, daß sie entweder gegen einen Punct convergiren, oder von einem Puncte divergiren oder untereinander parallel fortgehen müssen. Diese Fläche kann entweder eben oder gekrümmt seyn.

Ein ebener Spiegel wirft einen Strahlenpinsel unter eben denselben Umständen zurück, als er eingefallen war; das heißt, wenn ein Strahlenspiegel, der von einem gegebenen Puncte ausgeht, auf einen ebenen Spiegel fällt, so wird er so zurückgeworfen, daß dessen Strahlen mit unveränderter Neigung gegeneinander aus einem andern Puncte ausgehen, dessen Entfernung von dem Einfallspuncte hinter dem Spiegel der Entfernung des strahlenden Punctes vor dem Spiegel gleich ist; und wenn ein Strahlenpinsel, der von einer Fläche aus-

gehet, auf den Spiegel fällt, so werden sie so zurückgeworfen, daß sie untereinander eben so, wie vorhero geneigt sind und dahero von einer Fläche auszugehen scheinen, deren Größe und Entfernung hinter dem Spiegel der Größe und Entfernung der strahlenden Fläche vollkommen gleich ist. Daher kömmt es, daß ebene Spiegel von den Gegenständen Bilder zurückwerfen, welche ihnen gleich und ähnlich sind, und die eine ähnliche Lage mit den Gegenständen selbst haben.

Bey Hohlspiegeln werden die Strahlenpinsel, welche auf sie fallen, mehr convergent, und bey erhabenen Spiegeln mehr divergent gemacht. Wenn die Spiegel nach der gehörigen krummen Linie regelmäßig geschliffen sind, so werden die convergenten oder divergenten Lichtstrahlen gegen einen gewissen Punct gerichtet seyn.

Der Abschnitt oder das Stück einer Kugelfläche, das funfzehn Grade breit ist, weicht sehr wenig von derjenigen Krümmung ab, welche die parallelen Lichtstrahlen gegen einen Punct convergent oder divergent zurückwerfen würde, und wird dahero zu dieser Absicht gebraucht, da es viel leichter zu verfertigen ist.

256. Die converen Linsen kommen mit Hohlspiegeln, und die concaven Linsen mit den converen Spiegeln in ihren Eigenschaften sehr nahe überein. Die converen Linsen und Hohlspiegel geben allezeit ein umgekehrtes Bild im Brennpuncte mittelst des Convergirens der Lichtstrahlen; und die concaven Linsen und converen Spiegel geben allezeit ein aufgerichtetes Bild in dem geometrischen Brennpuncte mittelst des Divergirens der Lichtstrahlen. Bey denjenigen Werkzeugen, wo die Bilder von der Zurückwerfung gemacht werden, kömmt der Hohlspiegel in die Stelle der converen Linse und der erhabene Spiegel in die Stelle der concaven Linse; bey ihrer Zusammensetzung aber müssen sie nothwendig anders gestellt werden, als die Linsen; weil diese undurchsichtig und jene durchsichtig sind.

Es sey AR (fig. 89) eine polirte Kugelfläche eines Hohlspiegels, und OB ein Gegenstand, der ausser dem Mittelpuncte des Spiegels liegt; so wird der Strahlenpinsel, wel-

cher von dem Puncte O ausgeschickt wird, auf den Spiegel fallen und nachdem er zurückgeworfen worden, in den Vereinigungspunct I zusammen fallen; der Strahlenpinsel aus B wird sich in M vereinigen, und eben dieses wird sich mit den Strahlenpinseln ereignen, welche von den mittlern Puncten ausfahren; da sich ihre Vereinigungspuncte zwischen I und M befinden werden. Es wird also vor dem Spiegel in dem Vereinigungspuncte ein Bild dargestellt werden, welches dem von einer convexen Linse gemachten Bilde ähnlich ist.

Es sey AR (fig. 90) eine polirte Kugelfläche eines erhabenen Spiegels und OB ein Gegenstand; so wird der Strahlenkegel, welcher von O ausgehet, auf den Spiegel fallen und nach der Zurückwerfung von dem geometrischen Vereinigungspuncte I divergiren; der Strahlenkegel aus B wird von M ausgehen, und eben dieses wird mit den von den mittlern Puncten ausgeschickten Strahlen geschehen, daß ihre geometrischen Vereinigungspuncte zwischen I und M angetroffen werden. Folglich wird hinter dem Spiegel in dem Vereinigungspuncte ein aufgerichtetes Bild erscheinen, welches mit dem von einem Hohlglase dargestellten Bilde übereinkömmt.

257. Es sey AR (fig. 91) ein Hohlspiegel, dessen Mittelpunct in C ist, und OB ein ausserhalb des Mittelpunctes liegender Gegenstand. Durch den Mittelpunct C ziehe man aus O die Linie ON, welche bey N auf den Spiegel senkrecht ist und dahero sowohl den einfallenden als ausfahrenden Strahl vorstellt, der von O ausfährt und bey N zurückgeworfen wird; folglich wird das Bild von O in dieser Linie gefunden werden. Durch C ziehe man aus B die Linie BV; so wird nach eben demselben Schluße das Bild von B in dieser Linie liegen. Man ziehe die Linie oder den Strahl OV; so wird derselbe so zurückgeworfen werden, daß er den Strahl ON bey I durchschneidet und der Zurückwerfungswinkel IVC dem Einfallswinkel OVC gleich ist. Dieser Durchschnittspunct der Strahlen bestimmt den Vereinigungspunct der Strahlen aus O, daß sich derselbe in I befinde. Aus B ziehe man nach N den Strahl BN so wird seine Zurückwerfung den Vereini-

gungspunct der Strahlen aus B bestimmen, welcher in M befindlich ist, und das Bild wird umgekehrt seyn.

Es sey AR (fig. 92) ein erhabener Spiegel, und die Verzeichnung geschehe wie in der letztern Figur; so werden sich die Bilder von O und B in den Linien OC und BC befinden, und der zurückgeworfene Theil des Strahles OV wird die Linie OC bey I geometrisch durchschneiden, so wie auch der zurückgeworfene Theil des Strahles BN die Linie BC bey M durchschneiden wird. Diese Durchschnittspuncte bestimmen den Ort des Bildes IM, welches aufgerichtet erscheinet.

Hieraus ergiebt sich die Eigenschaft dieser Spiegel, daß der Gegenstand und das Bild von dem Mittelpuncte der Kugel aus gesehen unter gleichen Winkeln erscheinet, denn der Winkel OCB ist dem Winkel ICM gleich; und daß der Gegenstand und das Bild aus dem Zurückwerfungspuncte betrachtet unter gleichen Winkeln erscheinen, denn der Winkel OVB ist dem Winkel IVM gleich. Hieraus läßt sich leicht die Lage und Größe des Bildes in dem Vereinigungspuncte finden, wenn die Lage und Größe des Gegenstandes und der Durchmesser der Kugel, von welcher der Spiegel ein Stück ist, bekannt sind.

258. Das Spiegelteleskop, welches der Ritter Newton machte, hatte folgende Einrichtung.

Es sey DEFG (fig. 93) eine Röhre, an deren einem Ende der Hohlspiegel AR befestigt ist und OB sey ein entfernter Gegenstand; so werden die Strahlenpinsel, welche von den Puncten seiner Fläche ausfahren, vereiniget werden und ein umgekehrtes Bild in im darstellen. Es werden aber durch Dazwischenstellung eines ebenen Spiegels KC die Strahlen zurückgeworfen und das Bild in IM dargestellt, welches mittelst der planconveren Linse bey L sehr vergrößert gesehen wird.

Das Spiegelteleskop, dessen man sich gegenwärtig am meisten bedienet, ist aus zween Hohlspiegeln von verschiedenen Halbmessern zusammengesetzt. Der breitere Hohlspiegel AR (fig. 94) macht das Bild IM, welches dem kleinern Spiegel KC zum Gegenstande dienet; von diesem Spiegel wird das zweyte Bild im dargestellt, indem die Strahlen durch das Ver-

größerungsglas L gehen, das sich in der Oeffnung in der Mitte des größern Spiegels AR befindet. Dieses Bild ist aufgerichtet und man siehet es durch das Ocularglas P noch mehr vergrößert.

259. Man macht auch Spiegelmikroskope, deren Zusammensetzung, so wie die Einrichtung anderer Werkzeuge, sich leicht aus dem Gesagten wird herleiten lassen.

(Das Newtonische Spiegelteleskop ist zwar bey dem Gebrauche unbequem, da man von der Seite hineinsehen muß; es verschafft aber an dessen statt sehr beträchtliche Vortheile.

Das Gregorianische Teleskop (fig. 94) hat einen Menisk us zum nächsten Ocularglase, der nach dem Urtheile des Herrn Musschenbröck dieserwegen erwählet wird, weil die Strahlen nach dem dünnen Rande zu weniger schief auffallen und weniger zurückgeworfen werden. Da aber bey dem Menisk us die Abweichung wegen der Gestalt größer und das Gesichtsfeld enger wird, so ist ihm ein planconveres Glas vorzuziehen.

Das Cassegrainische Teleskop hat an der Stelle des kleinen Hohlspiegels KC (fig. 94) einen kleinen converen Spiegel; zwischen diesem und dem Hohlspiegel befindet sich das zu erste Bild, welches durch ein converes Glas betrachtet wird. Bey dieser Einrichtung wird das Gesichtsfeld sehr klein.

Das verbesserte Cassegrainische Teleskop hat ebenfalls einen kleinen converen Spiegel, welcher aber das Bild durch die Oeffnung des großen Spiegels hindurch wirft. Es erhält drey oder auch vier convexe Oculargläser, um das Bild aufgerichtet zu machen und das Gesichtsfeld zu vergrößern.

Das größte Spiegelteleskop, welches man verfertigt hat, ist wohl das Teleskop des Herrn Herschel. Es hält 20 Fuß, hat eine Oeffnung von $18\frac{3}{4}$ englischen Zollen und vergrößert auf 6000 mal. L.)

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Nicholson, William, 1753-1815

Einleitung in die Naturlehre Mit fünf und zwanzig Kupfertafeln

Bd.: Erster Band

Leipzig 1787

Phys.g. 321-1/2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10131669-9
VD18 90623185